Münster. 1933. No 84 Med Diss.

Die Bedeutung der Funktionen für die Gestaltung der Kiefer

Inaugural-Dissertation

verfaßt

und der hohen medizinischen Fakultät der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster zur Erlangung der zahnärztlichen Doktorwürde

vorgelegt von

OSKAR SCHMITZ

aus Rheinberg

Graphische Kunstanstalt Carl Lange Verlag, Duisburg

1933

Die Bedeutung der Funktionen für die Gestaltung der Kiefer

Inaugural-Dissertation

verfaßt

und der hohen medizinischen Fakultät der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster zur Erlangung der zahnärztlichen Doktorwürde

vorgelegt von

OSKAR SCHMITZ

aus Rheinberg

Graphische Kunstanstalt Carl Lange Verlag, Duisburg

1933

Referent: Professor Dr. E. Herbst.

Dem Andenken meiner lieben Mutter gewidmet.

Disposition.

Seite

Literatur VII

A. Die Rouxschen Funktionsgesetze im allgemeinen . . . 1

B. Die Rouxschen Funktionsgesetze in ihrer Bedeutung für Kiefer und Zähne 6

C. Normale und abnorme Funktionen in ihrer Wirkung auf die Kiefer

1. Normale Funktionen 28

2. Abnorme Funktionen

A) vor beendetem Wachstum 34

B) nach beendetem Wachstum 59

D. Schluß 73

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547410_0118

Schriftennachweis.

1. Angle, E. H., Die Okklusionsanomalien der Zähne. — 2. dtsch. Aufl. Berlin 1913. H. Meusser.
2. Anton, G., Was bedeutet die Entwicklungsmechanik von W. Roux für den Arzt? — Psychiatr.-neurol. Wschr. 1920/21. Jg. 22 S. 101-106 und Arch. f. orthop. Chir. 1920. Bd. 18 S. 551-558.
3. Auerbach, L., Zur Mechanik des Saugens und der Inspiration. — Arch. f. (Nat. u.) Physiol. 1888. S. 59-128.
4. Barth, M., Über die funktionelle Struktur des Oberkieferapparates bei Neuweltaffen. — Anat. Hefte 1918. Bd. 56 S. 170.
5. Bauer, W. & Lang, F. J., Über das Wandern der Zähne. — Vrtljschr. f. Z. 1928. Jg. 44. S. 321-352.
6. Birgfeld, Praktische Demonstration. — D. z. W. 1925. Nr. 12. S. 199 bis 201.
7. Birkenbeil, Ch., Das Trabekularsystem des Unter- und Oberkiefers unter besonderer Berücksichtigung des Alveolarfortsatzes im Molarengebiet in normalem und pathologischen Zustand. — Diss. Köln. 1931.
8. Blanc, L., Les effets de la mastication sur les maxillaires. — Sem. dent. 1926. Bd. 8. Nr. 39. S. 751 (ref. Fortschr. d. Zhnhlkd. 1928. Bd. 4. Tl. II. S. 955.
9. Bluntschli, H., Die menschlichen Kieferwerkzeuge in verschiedenen Alterszuständen. — Verh. d. anat. Ges. 1926. (ref. D. M. f. Z. 1927. S. 44.
10. Bluntschli, H., Funktionelle Anatomie der Kiefer- und Kaumuskulatur in versch. Altersstufen. — Kl. W. 1926. Nr. 44. S. 2090 VB.
11. Bluntschli, H., Rückwirkungen des Kieferapparates auf den Gesamtschädel. — Zschr. f. zahnärztl. Orthop. 1926. H. 3. S. 57-80.
12. Bluntschli, H., Von den Kräften, welche die Kiefer bewegen und gestalten. — Paradentium 1929. Jg. 1. Nr. 3. S. 87-97.
13. Bluntschli, H. & Schreiber, H., Anatomie. — Fortschr. d. Z. 1929. Bd. 5. Tl. I. S. 1-32.
14. Büdinger, Über pathologische Knochenstrukturen. — Arch. f. klin. Chir. 1912. Bd. 82.
15. Chenet, H., Les deformations acquises des maxillaires. — Odontologie 1930. Bd. 68. S. 707-713 (ref. D. M. f. Z. 1931. S. 449).
16. Dahnke, V., Ursachen und Entwicklung der funktionellen Umgestaltung des Unterkiefers durch ein Hämangiom der Zunge. — Diss. Göttingen 1924.
17. Dependorf, Der Saugprozeß und Saugapparat bei Säuglingen. — D. M. f. Z. 1907. H. 2. S. 105-128.
18. Dreyfuß, S., Prophylaxis der Kiefermißbildungen. Das Stillen der Säuglinge. Der Einfluß der mechanischen Vorgänge des Saugens auf die Entwicklung des Kindes. — Schweiz. Mschr. f. Z. 1928. Jg. 38. H. 8. S. 544-562.
19. Fischer, R., Beziehungen zwischen den Kieferbewegungen und der Kauflächenform der Zähne. — Schweiz. Mschr. f. Z. 1926. Jg. 36. Nr. 6. S. 349.
20. Freisfeld, H., Über die Kaumuskeln des menschlichen Neugeborenen. Vrtljschr. f. Z. 1927. Jg. 43. S. 552-582.

21. Gaman, F., Beiträge zur Frage der Kieferknochenstruktur unter normalen und einigen krankhaften Verhältnissen. — Zschr. f. Stom. 1929. Jg. 27. S. 824-845.
22. Goerke, O., Beitrag zur funktionellen Gestaltung des Schädels bei den Anthropomorphen und dem Menschen durch Untersuchung mit Röntgenstrahlen. — Arch. f. Anthropol. 1904. Bd. 29 (N. F. Bd. 1) S. 91-108.
23. Gottlieb, B., Paradentalpyorrhoe und Alveolaratrophie. — Fortschr. d. Zahnkl. 1929. Bd. 5. Teil I. S. 351-406.
24. Grunewald, J., Über die Beanspruchung und den Bau des menschlichen Unterkiefers und der mechanischen Bedeutung des Kinnes. — Arch. f. Anthropol. 1920. Bd. 43 (N. F. Bd. 18) S. 100-113.
25. Hancock, Severe case of burn of the neck with large cicatrix. — Lancet 1855. Bd. 1. S. 608 (zit. nach Perthes).
26. Hauptmeyer, F., Über die anatomischen Veränderungen des Unterkiefers bei einigen Stellungsanomalien der Zähne unter Zugrundelegung der röntgengenologischen Befunde. — D. M. f. Z. 1913. H. 3. S. 153-170, und H. 8. S. 665-674.
27. Heath, Injuries and diseases of the jaws. — 3. Aufl. London 1884 (zit. nach Perthes .
28. Herber, C., Gestalt und Funktion des menschlichen Kiefers, entwickelt aus der Funktion. — Zschr. f. z. Orthod. 1909. Nr. 4. S. 139 bis 155. Nr. 5. S. 187-207 und Nr. 6. S. 235-253.
29. Herbst, E., Über Ätiologie der Stellungsanomalien der Zähne. — Zschr. f. zahnärztl. Orthop. 1909. Jg. 3. S. 156-166 und 208-221.
30. Herbst, E., Über die Vererbungstheorie der Stellungsanomalien der Zähne sowie über die Bedeutung der Funktion. — D. M. f. Z. 1911. H. 6. S. 434-445.
31. Herbst, E., Zähne, Antlitz und Funktion. — D. z. Ztg. 1912. Nr. 14. S. 189-191.
32. Herbst, E., Die Ursachen der Stellungsanomalien der Zähne und Kiefer. Zschr. f. Orthop. u. Prothese 1918. Nr. 9. S. 121-131.
33. Herbst, E., Die Bedeutung des Zwischenkiefers für die Mißbildung und Anomalien des menschlichen Gebisses. — D. M. f. Z. 1923. H. 16. S. 481-509.
34. Herbst, E., Die Bedeutung des „Kampfes ums Dasein" für die Beurteilung der Ätiologie der Kieferanomalien. — D. M. f. Z. 1924. H. 11. S. 251-264.
35. Herbst, E., Orthodontische Diagnostik. — Fortschr. d. Zahnhlk. 1925. Bd. 1. Teil II. S. 214-232.
36. Herbst, E., Die postfetalen Mißbildungen der Kiefer. — D. z. W. 1926. Nr. 8. S. 145-156.
36a. Herbst, E., Fehlgriffe in der Orthodontie. — Fortschr. d. Zhnhlk. 1927. Bd. 3. Teil I. S. 855-879.
36b. Herbst, E., Atlas und Grundriß der zahnärztl. Orthop. — 2. Aufl. München 1922. J. F. Lehmann.
37. Herbst, E., Fehlgriffe in der Orthodontie. — Fortschr. d. Zhnhlk. 1930. Bd. 6. Teil I. S. 821-837.
38. Kadisch, H., Beitrag zur Ätiologie der Kieferdeformierung, Kiefergaumenspaltoperationen. — Zschr. f. zahnärztl. Orthop. 1924. Nr. 1.
39. Kahlenborn, J., Zwei Fälle von angeborenem Defekt des Masseter. Diss. Bonn 1913.
40. Kantorowicz, A., Über den Mechanismus der Kieferdeformierung bei behinderter Atmung. — D. M. f. Z. 1916. H. 6. S. 225-259.

41. Kantorowicz, A., Klinische Zahnheilkunde. — Berlin 1924. H. Meußer. S. 602-675 und 718-767.
42. Kantorowicz, A. & Korkhaus, G., Die Entstehung der Stellungsanomalien und die rachitischen Deformationen des Säuglingsgebisses. — Zschr. f. zahnärztl. Orthop. 1926. H. 1/2. S. 1-32.
43. Kantorowicz, A. & Korkhaus, G., Ätiologie der orthodontischen Anomalien. — Fortschr. d. Zhnhlk. 1925. Bd. I. Teil I. S. 171-213 und 1926. Bd. 2. Teil I. S. 773-806.
44. Kloeppel, K. W., Diastase der unteren mittleren Schneidezähne bei Akromegalie. — Diss. Göttingen 1922.
45. Koelsch, F., Gewerbekrankheiten. — In: Misch, Lehrb. d. Grenzgeb. der Medizin u. Zahnheilkunde. — 3. Aufl. Leipzig 1923. F. C. W. Vogel. Bd. 2.
46. Korkhaus, G., Orthodontische Diagnostik. — Fortschr. d. Zahnhlk. 1930. Bd. 6. Teil I. S. 747-804.
47. Korkhaus, G., Orthodontische Diagnostik. — Fortschr. d. Zahnhlk. 1931. Bd. 7. Teil I. S. 796-822.
48. Kreidl, A., Physiologie der Mundhöhle. — In: Scheff, Hb. d. Zahnheilkunde. 4. Aufl. Bd. 1. S. 400-432. Leipzig-Wien 1922.
49. Lind, G., Über die Aetiologie des offenen Bisses. — Zahnärztl. Orthop. u. Proth. 1913. Nr. 11-12. S. 408-422.
50. Lucas, G., Die funktionelle Gestalt des Unterkiefers. Fall von Hämangiom der Zunge mit offenem Biß. — Diss. Würzburg 1921
51. v. Meyer, H., Statische Struktur der Knochen. — Arch. f. Anat. u. Physiol. 1867.
52. v. Meyer, H., Zur genaueren Kenntnis der Substantia spongiosa der Knochen. — Stuttgart 1882.
53. Mosch, E., Zahnärztliche Untersuchungsergebnisse der Schädelsammlung des Kaiser-Wilhelm-Institutes für Anthropologie zu Berlin, mit besonderer Berücksichtigung der funktionellen Vollwertigkeit des Gebisses. — Z. R. 1931. Nr. 6. S. 226-236 und Nr. 7. S. 269-275.
54. Münzesheimer, F., Die wissenschaftlichen Grundlagen der Entlastungsbehandlung der Paradentosen. — Paradent. 1930. Jg. 2. Nr. 1. S. 29-32 und Nr. 2. S. 40-47.
55. Neustadt, E., The growth of bone as related to function. — Internat. journ. of orthod. 1927. Bd. 13. Nr. 7. S. 555 (ref. Fortschr. d. Zahnheilkunde 1928. Bd. 4. Teil II. S. 944 .
56. Perthes, G., Die Verletzungen und Krankheiten der Kiefer. — Dtsch. Chir. Lfg. 33a. Stuttgart 1907.
57. Philips, R., Untersuchungen über Extraktionsfolgen. — Diss. Bonn 1925.
58. Peckert, Die Mißbildungen der Zähne. — In: Schwalbe, E., Die Morphologie der Mißbildungen des Menschen und der Tiere. Tl. 3. A. I. Jena 1911. G. Fischer.
59. Pfaff, Lehrbuch der Orthodontie. — Leipzig 1921. W. Klinkhardt.
60. Precht, Über den Funktionswert des Lückengebisses. — Z. R. 1931. Nr. 14. S. 594-599 und Nr. 15. S. 633-638.
61. Reichenbach, E., Zur Kasuistik des „Mordex apertus Carabelli" im Milchgebiß. — Z. R. 1924. Nr. 17. S. 185-186.
62. Rogers, A. P., Increased functions in the treatment of dental anaomalies. — Dent. Rec. 1929. Bd. 48. S. 57-72 (ref. D. M. f. Z. 1929. S. 491).
63. Roux, W., Der Kampf der Teile im Organismus. — Leipzig 1881.
64. Roux, W., Gesamte Abhandlungen über Entwicklungsmechanik der Organismen. Bd. I u. II. Leipzig 1895. S. 281 und S. 1058.

65. Roux, W., Vorträge und Aufsätze über Entwicklungsmechanik der Organismen. — Leipzig 1905.
66. Rummel, G., Über den Einfluß der Kaumuskelausschaltung auf die Kiefer- und Schädelbildung. — Zschr. f. zahnärztl. Orthop. 1928. H. 2. S. 61-81.
67. Schmidhuber, K. Fr., Experimentelle Untersuchungen über den Anteil der Zähne und des Kiefergelenksköpfchens am Längenwachstum des Unterkiefers des Hundes. — D. M. f. Z. 1930. Bd. 1. Tl. 1. S. 195.
68. Schmidt, H., Die rachitische Kieferdeformation und ihr Einfluß auf das Gebiß. — Zschr. f. Heilkd. 1880. S. 147 (zit. nach Kantorowicz und Korkhaus, Fortschr. d. Z. 1925. Bd. 1. Tl. 1. S. 195.)
69. Schroeder, B., Die entwicklungsmechanische Erklärung des rachitischen Kiefers. — D. M. f. Z. 1923. Nr. 15. S. 449-474.
70. Schroeder, B., Einfluß der Rachitis auf Wachstum und Gestalt der Kiefer. — D. z. W. 1927. Nr. 4. S. 61-65.
71. Schröder, H., Die künstliche Deformation des Gebisses. — Greifswald 1906. J. Abel.
72. Schwarz, A. M., Kopfhaltung und Kiefer. — Zschr. f. Stom. 1926. Jg. 24. Nr. 8. S. 669.
73. Schwarz, R., Die Veränderungen im Kiefergelenk der Neukaledonier und Loyolta-Insulaner und ihre Bedeutung für die zahnärztliche Prothese und Orthodontie. — Schweiz. Mschr. f. Zhnhlk. 1922. Nr. 8. S. 337.
74. Seifert, E., Über Mikrognathie. — D. M. f. Z. 1925. H. 7. S. 171-175 und Arch. f. klin. Chir. 1925. Bd. 135. S. 726-735.
75. Sicher, Entwicklungsmechanik. — In: Kantorowicz, Hbdwörterb. d. ges. Zahnhlk. Bd. 1. S. 588-592. Leipzig-Berlin 1929.
76. Stallard, H., Etiology of crossbites and gothic arches or bucco maxillar occulsion. — Dent. Cosm. 1924. Nr. 1 (ref. Z. R. 1924. Nr. 22. S. 275).
77. Stallard, H., The general relation of pillowing to malocclusion Dent. Cosm. 1925. Bd. 67. Nr. 3 (ref. Z. R. 1926. S. 375).
78. Stallard, H., Mißbildungen des Oberkiefers. — Journ. of the amer. med. ass. 1926. Bd. 87. Nr. 25 (ref. Fortschr. d. Z. 1928. Bd. 4. Tl. II. S. 963).
79. Stein, G. u. Weinmann, J., Die physiologische Wanderung der Zähne. — Zschr. f. Stom. 925. Jg. 23. H. 8.
80. Stursberg, Kranker mit angeborenem Fehlen des rechten Masseter. D. m. W. 1912. Nr. 8. S. 389 V. B.
81. Sulke, A., Zur Aetiologie des offenen Bisses. — Z. R. 1920. Nr. 44. S. 537-539.
82. Tandler, J., Perspektiven für die Erforschung der Aetiologie der Okklusions- und Kieferanomalien. — Öst. Zschr. f. Stom. 1914. Nr. 1. S. 1-13.
83. Tomes, H., System of dental Sugery. — London 1887 (zit. nach Perthes).
84. Tryfus, F., Über Störungen in der Kieferentwicklung — Zschr. f. zahnärztl. Orthopädie. 1925. H. 3. S. 57-62.
85. Walkhoff, O., Der menschliche Unterkiefer im Lichte der Entwicklungsmechanik. — D. M. f. Z. 1900. Jg. 18. S. 529-538 und 1901. Jg. 19. S. 2-22, 49-60 und 111-121.

86. Walkhoff, O., Der Unterkiefer der Anthropomorphen und den Menschen in seiner funktionellen Entwicklung und Gestalt. — (Selenka, Menschenaffen IV.) Wiesbaden 1902. Kreidel.
87. Walkhoff, O., Neue Untersuchungen über menschliche Kinnstellung. (D. Z. i. V. Nr. 22.) Leipzig 1911. G. Thieme.
88. Walkhoff, Die phylogenetische Entwicklung und Ausbildung des menschlichen Kinnes. — Arch. f. Anthropol. 1919. Bd. 17.
89. Walkhoff, O., Die Bedeutung der Stammesgeschichte für Aetiologie der Kiefer- und Zahnanomalien. — (D. Zhnhlk. H. 66. S. 53-70.) Leipzig 1925. G. Thieme.
90. Wallis, W. D., The evolution of the human mandible and correlation with features of the skull. — Dent. Cosm. 1926. Bd. 68. Nr. 2. S. 107. (ref. Fortschr. d. Zhnhlk. 1927. Bd. 3. Tl. II. S. 550).
91. Weber, R., Anthropologie. — Fortschr. d. Zhnhlk. 1925. Bd. 1. Tl. I. S. 151-162.
92. Wegener, K., Die menschliche Kinnbildung. Ein Beitrag zur „funktionellen Anpassung". — Diss. Rostock 1921.
93. Wegener, K., Über Zweck und Ursache der menschlichen Kinnbildung. Zschr. f. Morphol. 1926. Bd. 26. S. 165-180.
94. Weidenreich, F., Das Evolutionsproblem und der individuelle Gestaltungsanteil am Entwicklungsgeschehen. (Vortr. u. Aufsätze zur Entw.-Mech. der Organismen. H. 27.) — Leipzig 1921.
95. Weidenreich, Domestikation und Kultur in ihrer Wirkung auf Schädelform und Körpergestalt. — Zschr. f. Konstit. Lehre 1925. Bd. II. S. 52.
96. Weimann, J., Das Knochenbild bei Störungen der physiologischen Wanderung der Zähne. — Zschr. f. Stom. 1926. Jg. 24. H. 5.
97. Wilhelm, Deformierung des Unterkiefers nach langem Tragen von Kopfstützapparaten. — Arch. f. orthop. Chir. 1924. Bd. 23. S. 229 bis 236.
98. Winkler, R., Der funktionelle Bau des menschlichen Kieferapparates. (D. Zhnhlk. H. 55.) Leipzig 1922. G. Thieme.
99. Winkler, Über Wachstum und Formbildung des menschlichen Kieferapparates. — Vrtljschr. f. Zhnhlk. 1923. H. 4. S. 541-556.
100. Winkler, R., Kieferdynamik und ihr Einfluß auf die Orthodontie. Zschr. f. zahnärztl. Orthop. 1925. H. 3. S. 65-66.
101. Winkler, R., Die Kräfte auf und in dem Kiefer beim Kauakt. — Zschr. f. zahnärztl. Orthop. 1926. H. 5/6. S. 140-149.
102. Wolff, J., Das Gesetz der Transformation des Knochens. — Berlin 1892. A. Hirschwald.
103. Wolff, J., Über die Wechselbeziehungen zwischen Form und Funktion der einzelnen Gebilde des menschlichen Organismus. — Leipzig 1901.
104. Zielinsky, W., Beitrag zur Pathogenese der Kieferdeformitäten. — D. M. f. Z. 1911. H. 5. S. 372-401.
105. Zschokke, Weitere Untersuchungen über die Verhältnisse der Bildung der Statik und Mechanik des Vertebratenskeletts. Zürich 1892.
106. Wustrow, P., Aetiologie der orthodontischen Anomalien. Fortschr. d. Zhlk. 1927. Bd. 3. Teil II. S. 792-809.

A. Die Roux'schen Funktionsgesetze.

In seiner Ansprache anläßlich des siebzigjährigen Geburtstages von Wilhelm Roux, gehalten am 7. Juni 1920, im Auftrage der medizinischen Fakultät Halle, hat Professor G. Anton (2) den Jubilar mit Isaac Newton verglichen. Wie dieser es vor zweihundertfünfzig Jahren unternommen habe, das Licht, das bis dahin als elementarste Naturerscheinung galt, in die sieben Farbenbestandteile zu zerlegen, aus denen es allgemach durch Drehscheibe oder Strahlenvereinigung wiederhergestellt werden könne, so habe Roux die Erscheinungen des Lebens in seine Bestandteile aufgelöst, und das scheinbar Elementarste der Lebenserscheinungen zum Problem gemacht.

Damit wurde Roux zum Begründer und weiterhin auch Vollender der Entwicklungsmechanik, oder der kausalen Morphologie der Lebewesen, d. h. nach seiner eigenen Definition, der „Lehre von den Ursachen, Faktoren der Gestaltung der Lebewesen sowie von den Wirkungsweisen und Wirkungsgrößen dieser Faktoren" (Roux, Ges. Abh. II, 1049). Ergänzend fügt Roux dem hinzu: „Da alles bezügliche ‚Wirken' unsichtbar ist, ist die Entwicklungsmechanik, im Gegensatz zur ‚deskriptiven' oder das Wahrnehmbare beschreibenden Entwicklungslehre, welche das bereits bis zur sichtbaren Größe und Art integrierte Bildungsgeschehen ermittelt und darstellt, auch als die Lehre von dem unsichtbaren, nur zu erschließenden Entwicklungsgeschehen, genauer vom Wirken zu bezeichnen". Dabei ist von Roux das Wort „Mechanik" im philosophischen Sinne Kants gebraucht, also als die Lehre vom mechanistischen, d. h. der Kausalität unterstehenden Geschehen, nicht aber bloß im Sinne des Physikers als die Lehre von der Bewegung. Der Fortschritt, der damit gemacht worden war, besteht darin, daß die Deszendenztheorie Darwins, die die Entstehung zweckmäßiger Einrichtungen im Organismus lediglich auf die Auslese aus beliebig gestalteten Variationen bzw. auf die Aussonderung der zweckmäßigen Variationen durch den Kampf ums Dasein unter den Individuen zurückführte, hatte insofern eine Lücke zurückgelassen, als sie die direkte Selbstgestaltung des Zweckmäßigen innerhalb der einzelnen Organe und Gewebe der Lebewesen nicht aufklärte. Der erste, welcher auf diese Lücke hinwies, war nach Herber (28) Du Bois-Reymond, der sagte, daß die Ausfüllung dieser Lücke durch die Darlegung der Abhängigkeit der Stoffwechselverhältnisse von der Funktion geschehen müsse. Die wirklichen Beweise für diese Ansicht brachte dann W. Roux, indem er die Lehre von der differenzierenden und gestaltenden Wirkung der funktionellen Reize aufstellte, namentlich für das Knochen-

gewebe. Da das Leben des Individuums nur die Resultante des Lebens seiner Teile ist, und diese die eigentlichen Träger des Lebensprozesses darstellen, so ist es nötig, daß zunächst die Teile an sich jeder erhaltungsfähig sind, und zweitens, daß sie sich untereinander vertragen, wenn sie überhaupt zu einem in der Außenwelt sich bewahrenden Ganzen zusammenzuwirken vermögen sollen. Während also der Kampf ums Dasein, das ist die Inidivualauslese, die Zweckmäßigkeit nach außen, das Sichbewähren in den äußeren Existenzbedingungen bewirkt, bringt der Kampf der Teile im Organismus-Partialauslese von Roux die Zweckmäßigkeit im Innern der Organismen und die höchste Leistungsfähigkeit desselben im dynamischen Sinne zustande.

Zweckmäßig im Sinne der Dauerfähigkeit nach Roux sind, wie Sicher (75) sagt, die Organe nicht als etwa zur Erfüllung eines bestimmten Zweckes entstanden, sondern es konnte sich nur das dauernd erhalten, was im Organismus zweckmäßig funktionierte.

Ein klassisches Objekt, an dem sich diese „zweckmäßige" Struktur und Form, führt Sicher (ibid.) weiter aus, immer wieder in überraschender Weise demonstrieren läßt, ist das Skelettsystem und speziell der Knochen: „Seit Meyer und Culmann kennen wir die feinere Textur der Spongiosa vor allem, die in den sogenannten Kraftlinien, die sich mathematisch fast genau vorausberechnen lassen, zu den sogenannten Trajektorien verstärkt ist. Diese Trajektorien entstehen dadurch, daß entlang den Zug- und Drucklinien die Spongiosabälkchen verstärkt sind, während sie in den Feldern dazwischen nur in minimalem Ausmaß als dünne Plättchen erhalten bleiben. Damit wird erreicht, daß mit dem Minimum an Materialaufwand das Maximum an Leistungsfähigkeit erzielt wird. Da wir sehen, daß unter veränderten Verhältnissen, z. B. bei einer kongenitalen Hüftgelenksluxation oder einer Kniegelenksankylose die Ausbildung und Verlaufsrichtung der Trajektorien sich den veränderten mechanischen Bedingungen wieder in vorausberechenbarer Weise anpaßt, müssen wir annehmen, daß es auch tatsächlich die mechanische Funktion ist, welche die Entstehung der Trajektorien bedingt." Es läßt sich aber weiter zeigen, daß auch die Mikrostruktur des Knochens, also z. B. der Faserverlauf in der Grundsubstanz den mechanischen Bedingungen entspricht.

Des weiteren führt Sicher (ibid.) aus: „Im allgemeinen gelten für den Knochen die Beanspruchungen auf Zug und Druck. Die widersprechendsten Ansichten wurden darüber vorgebracht, ob die eine oder die andere Belastungsart wesentlich Wachstums- oder Resorption fördernden Einfluß auf den Knochen hat. In Wirklichkeit stellt sich die Sache so dar, daß verschiedene Knochen oder ein und derselbe Knochen an verschiedenen Stellen oder in verschiedener Richtung vorwiegend auf Druck oder auf Zug beansprucht werden, und demgemäß auch ‚konstruiert' sind. Die adäquate Belastung der bestimmten Stellen wird, wenn sie nicht über ein bestimmtes Maß hin-

ausgeht, appositionsfördernd wirken, die inadäquate dagegen Resorption auslösen." (An den mechanisch toten Stellen im Knochen, also jenen Stellen, welche mechanisch nicht beansprucht werden, schwindet die Knochensubstanz entsprechend dem Gesetz, die maximale Wirksamkeit bei einem Minimum von Baumaterial zu erreichen, und wird an den Röhrenknochen durch das Knochenmark ersetzt. Am Gesichtsschädel kann als ein mechanisch gleich bedingter Vorgang das Auftreten von pneumatischen Höhlen aufgefaßt werden.)

So ist überall in der organischen Welt die Funktion zwar bedingt durch die Form, überall aber auch die Funktion Bedingung der Form. Doch muß jede Formgestaltung nach Weidenreich (94) auf die Wirkung zweier Faktoren zurückgeführt werden. Der eine Faktor äußert sich in der allgemeinen Erbform, der andere in der individuellen Beanspruchung, welche der Erbform erst ihr spezielles Gepräge verleiht. Dabei ist nach Roux (63) der Begriff der Vererbung dahin zu präzisieren, daß „nur diejenigen Bildungen ererbt sind, welche auf die Kinder von selbst übertragen, also ohne funktionierende Tätigkeit der Kinder und ohne irgendwelche ‚äußere determinierende' Einwirkungen, somit rein aus typischen inneren Ursachen gebildet werden." Oder, wie Tandler (82) sagt: Die Erblichkeit spielt zwar das ganze Leben hindurch eine große Rolle, wird aber auch während der ganzen Lebensdauer von einem zweiten großen Moment beeinflußt, und dieses Moment ist der Kampf ums Dasein; ein rein erbliches Moment ist der Mensch nur bei der Keimanlage, aber schon vom ersten Tage des intrauterinen Lebens beginnt der Kampf ums Dasein, der ohne Unterbrechung bis zum Tode fortdauert. Es kommen also zu der reinen Erblichkeit noch alle äußeren Einflüsse hinzu, die im Verlaufe des Daseins das betreffende Organ erfährt. Herbst (33) schließt sich in bezug auf den Kiefer speziell diesen Anschauungen von Tandler vollkommen an, wie im nachfolgenden noch ausgeführt werden soll.

Zusammenfassend kann man mit Sicher (75) über das Verhältnis von Erblichkeit und Funktion in bezug auf Form und Gestalt sagen: „Wenn auch immer zu betonen ist, daß die Knochenstruktur ohne bestimmte Funktion unvorstellbar ist, so darf man doch nicht vergessen, daß im Leben des Individuums diese Knochenstruktur nicht zur Gänze erst unter dem Einflusse der mechanischen Funktion entsteht, daß sie vielmehr in die ererbte Grundform sozusagen eingebaut ist. Auf den Schädel angewendet, erklärt gerade dieser Umstand die überwältigende Fülle von Rassen- und Individualmerkmalen bei ziemlich gleichartiger Funktion."

Auf jeden Fall spielt die Funktion bei der Gestaltung, speziell des Knochens, eine gewaltige Rolle, für deren Zustandekommen die Rouxschen Funktionsgesetze eine allein ausreichende Erklärung geben.

Die historische Entwicklung und die Bedeutung dieser Anschauungen von Roux hat Dahnke (16) folgendermaßen dargestellt:

Auf den menschlichen Körper, sowohl in seiner Gesamtheit wie in bezug auf seine einzelnen Teile, wirken verschiedene Kräfte gestaltend ein: einmal die Erbmasse, dann die Ernährung, und drittens die Funktion.

Ein wenig oder gar nicht gebrauchter Muskel nimmt an Umfang und Leistungsfähigkeit ab, während der Gebrauch sowohl Wachstum wie auch immer mehr zunehmende Leistungsfähigkeit im Gefolge hat. Wenn sich auch im Knochen eine weit trägere Tätigkeit entfaltet als im Muskel, so ist die Funktion doch auch für seine Entwicklung nicht minder wichtig, nur spielen sich An- und Abbau weit langsamer ab. Auch auf den inneren Bau der Knochen, die ja nur zum Teil aus kompakter Substanz, zum Teil aus einem fachwerkartigen Gerüst von Knochenbälkchen und -plättchen (Substantia spongiosa) besteht, ist die Funktion von Einfluß.

Diese Ansicht, die sich erst aus den Forschungen der letzten fünfzig Jahre entwickelt hat, beruht auf den grundlegenden Untersuchungen des Züricher Anatomen Hermann v. Meyer (51). Ihn unterstützte der Züricher Mathematiker Culman, der als Begründer der graphischen Statik die für diese seine Wissenschaft grundlegenden Gesetze von den Druck- und Zuglinien in dem Verlauf der Spongiosabälkchen des menschlichen Femur wiederfand.

In engstem Zusammenhang mit v. Meyer hat dann Julius Wolff (102) diese Verhältnisse weiter untersucht. Er führte das, was v. Meyer und Culman bereits gezeigt hatten, weiter aus, daß nämlich die Spongiosabälkchen im koxalen Femurende mit den mathematisch errechneten Druck- und Zuglinien des von Culman gezeichneten oberschenkelähnlichen Kranen vollkommen identisch sind, also sowohl in ihren Schnittlinien senkrecht aufeinander, als auch senkrecht auf der Oberfläche des Knochens stehen. Bei der Belastung des Femur wird nun die eine, die innere Seite auf Druck beansprucht, während die äußere Seite wie beim Kran einen Zug erleidet. Druck und Zug aber sind im Hinblick auf ihre mechanische Richtung zwar entgegengesetzt, in Bezug auf Verhalten des Knochens jedoch gleich; denn sowohl Druck wie Zug bedingen eine stärkere Ausbildung der betreffenden Knochenteile. In der zwischen beiden liegenden neutralen Bälkchenschicht, in der sich die beiden Richtungskräfte die Waage halten, zeigt die Spongiosa wiederum einen entsprechenden Aufbau, eine Anordnung von senkrechten, zur Achse parallel aufsteigenden und horizontalen, die ersten rechtwinklig durchkreuzenden Bälkchen. Wie aber die Anordnung der Spongiosa in der oberen Femurdiaphyse, so entsprechen auch die Kompakta und die Bälkchen der unteren Diaphyse den Gesetzen der graphischen Statik, indem die Kompakta als eine Zusammendrängung der Druck- und Zuglinien imponiert, und diese letzteren weiter unten wieder divergieren, jedoch in entgegengesetztem Sinne gewölbt wie am oberen Ende.

Diesen Aufbau der Spongiosa, der außer am Femur auch am Fersenbein besonders klar hervortritt, hat Wolff schon früh als Folge der Funktion ange-

sprochen, diese Funktion allerdings auch lediglich auf die statische Beanspruchung beschränkt.

W. Roux (64/65) erweiterte nun Wolffs Lehre von der funktionellen Gestalt, und suchte sie unter Anlehnung an den Darwinschen Entwicklungsgedanken entwicklungsmechanisch zu erklären.

Der Ausspruch Heraklits: *πόλεμος πατὴρ πάντων*, den Roux als Motto seiner Arbeit voranstellt, bewahrheitet sich hier im vollsten Sinne des Wortes. Aus dem Kampf geht das Lebensfähige als Sieger hervor, und zwar handelt es sich im Körper hauptsächlich um den Kampf um Raum und Nahrung, der in den allermeisten Fällen durch die verschiedene Reaktion auf die Reize bedingt ist.

Diejenigen Zellen, die am besten das vorhandene Nahrungsmaterial aufnehmen und verwerten, werden im Kampfe der Teile siegen. Aber diese Eigenschaft hat keine gestaltende Wirkung. Anders ist es, wenn im Organismus Substanzen vorhanden sind, die durch zugeführte Reize in der Assimilation direkt gekräftigt werden. Diese werden sich, wenn sie stärker assimilieren, als ihrem erhöhten Verbrauch zukommt, zu größerem Volumen entfalten. Da die Stützsubstanzen hauptsächlich auf Druck und Zug beansprucht werden, so werden die Reize — im Körper normaliter nur funktionelle — in ihrer Richtung liegende Substanz kräftigen, und so nach Fortfall der schwächer oder gar nicht vom Reiz getroffenen Elemente eine funktionelle Struktur schaffen, also das für den Körper zweckmäßigste. Daraus aber folgt, daß die Knochen nicht nur eine funktionelle Struktur, sondern auch eine funktionelle Gestalt haben; denn nur soweit die Reizbahnen reichen, kann Knochen sich bilden oder erhalten bleiben.

Betreffs der Funktion hatte Wolff anfangs nur die statischen, also Belastungsverhältnisse als Ursache der Knochenstruktur angegeben. Von Roux wurde jedoch erkannt, daß auch dem physiologischen Muskelzug ein erheblicher Einfluß auf die Struktur zukommt. Walkhoff (85/86), Büdinger (14), Zschokke (105), Grunewald (24) haben diese Wirkung der Muskelansätze bestätigt und weiter ausgeführt. An diesen Stellen findet sich nämlich in den meisten Fällen ein Höcker, eine Leiste, oft auch eine Grube, die alle eine der Richtung der ansetzenden Kraft entsprechende Struktur zeigen. Jedoch nicht nur auf Druck und Zug wird ein Knochen beansprucht, sondern auch auf Biegung, wie es am Unterkiefer, und auf Torsion, wie es typisch am Femur, aber auch an den übrigen Röhrenknochen, besonders denen des Arms, geschieht.

B. Das Gesetz von Roux in seiner Bedeutung für die Kiefer und die Stellung der Zähne, sowie die Ansicht anderer Autoren.

Walkhoff (85/86) war der erste, der sich mit der funktionellen Struktur der Kiefer beschäftigte, indem er den Unterkiefer der Anthropomorphen und des Menschen eingehend nach diesen Gesichtspunkten untersuchte. Dabei gelangte er auch zu bemerkenswerten Ergebnissen hinsichtlich der menschlichen Kinnbildung.

Seine Resultate in Bezug auf die Entwicklungsmechanik des menschlichen Unterkiefers faßt er folgendermaßen zusammen (85):

„An den Stellen größter Belastung findet eine Ordnung und Verstärkung der teilweise ererbten, teils erst erworbenen statischen Elemente im Innern des Knochengewebes statt. Eine Überkompensation des verbrauchten Baumaterials im Sinne von Roux, also das eigentliche äußere Wachstum, beginnt aber auch bald an den äußeren Flächen durch periostal erzeugte Anlagerungen neuen Knochengewebes. Letztere werden der augenblicklichen Beanspruchung des Unterkiefers entsprechend an den Stellen formiert, welche den trophischen Reizen am stärksten ausgesetzt sind. Je nach Bedürfnis wird die Substantia compacta zur Spongiosa und umgekehrt. Elemente der inneren Struktur und ganz äußere Flächen schwinden durch Resorption, wenn die Verringerung ihrer statischen Beanspruchung infolge einer Abänderung der bisherigen Funktion des Knochens auftritt. Aus diesen Ursachen geht die äußere „funktionelle" Gestalt des normalen Kiefers hervor. Die physiologischen Variationen der inneren Kieferstruktur und der äußeren Kieferform haben ihren Ursprung in der allmählichen Entwicklung und eintretenden Funktion der Zähne. Letztere bedingen dadurch den jeweiligen Stand der Knochenformation, welche, in ihren Grundzügen zwar vererbt, allein durch die funktionelle Reizung der Muskeltätigkeit sich unter Benutzung des geringsten Baumaterials formt und umformt. Bei jenen physiologischen Variationen erleidet der ursprünglich einfache Balken, als welcher der Kieferknochen physikalisch anzusehen ist, durch den funktionellen Reiz eine Knickung am Angriffspunkte der Kraft, nämlich am Kieferwinkel. Es findet aber nicht etwa eine einfache Biegung des Knochens statt, welche zu einer Durchbiegung führen könnte, sondern es wird durch den funktionellen Reiz immer

neues Baumaterial zur Verstärkung angelagert. Infolge der funktionellen Anpassung werden jene drei konstruktiven Teile ausgebildet, welche sich den allgemeinen Hebelgesetzen entsprechend in der Funktion, in der inneren Architektur der graphischen Statik anpassen. Nach der Entwicklung der Zähne ist der Kiefer auf dem Punkte höchster innerer und äußerer funktioneller Vollkommenheit angelangt. Sie ist von langer Dauer, bis durch einen Verlust der Zähne — sei es durch Krankheit, sei es durch das Alter —, Deformationen entstehen, welche zum Abbau der geschaffenen Konstruktionen führen."

In Bezug auf die menschliche Kinnbildung, deren Studium ausführlich in der 1902 erschienenen Monographie (86) dargelegt ist, ging Walkhoff von dem Albrechtschen Ergebnis, daß der menschliche Unterkiefer ein Affenkiefer minus rudimentäre Partie des Alveolarfortsatzes sei, aus, und schloß aus dem Schipkakiefer und den Funden von Krapina und Spy, welche kinnlos sind, daß es sich nicht nur um eine Reduktion des Alveolarfortsatzes zur Kinnbildung handeln konnte, sondern daß auch die Reduktion des Kieferkörpers selbst und der Zähne zur Reduktion führen können. Bei dieser Gesamtreduktion blieb also nur das Kinn erhalten. Den Grund hierfür fand W. entsprechend den Rouxschen Gesetzen nicht allein in dem verminderten Kauakt und der anderweitig angenommenen Reduktion der Kiefer, sondern auch der Muskel, wobei es sich nur um Genioglossus, Geniohyoideus und Digastricus handeln könne. In die phylogenetische Entwicklungszeit des menschlichen Unterkiefers fällt auch die Aneignung der artikulierten Sprache, wofür W. das Vorkommen größerer Spongiosamassen, die in wirklichen Knochenzügen (Trajektorien) beim heutigen Menschen bestehen, als Beleg ansieht.

Walkhoffs Theorie der menschlichen Kinnbildung geht also dahin, daß nicht nur eine Reduktion der Zähne, des Alveolarfortsatzes, sondern auch eine solche des Kieferkörpers und gleichzeitig eine vergrößerte Tätigkeit der an der inneren Seite des Vorderkiefers ansetzenden Muskeln, insbesondere des Genioglossus, des Geniohoideus und des Digastricus, die Kinnbildung verursacht haben. Er äußert sich darüber 1911 (87) wörtlich folgendermaßen:

„Ich nahm also eine Reduktion aller Teile des gesamten Unterkiefers an, mit Ausnahme jener Region, an welcher die genannten Muskeln inserieren. Diese Partie blieb nach meiner Anschauung allein bei der phylogenetischen Weiterentwicklung des Menschen seit der älteren Diluvialzeit erhalten, während alle übrigen Kieferteile an Größe verloren. Da gegenüber den altdiluvialen Kiefern bei der Kieferreduktion bis auf die Jetztzeit aber auch selbst die Regionen betroffen werden, welche unmittelbar unter dem Einflusse der großen Kaumuskeln stehen, also auch vor allem der aufsteigende Ast und der Kieferwinkel, und ich auch für den Unterkiefer die Rouxschen Gesetze der funktionellen Selbstgestaltung durchaus als zu Recht bestehend annahm, so konnte meines Erachtens der Kauakt

überhaupt nicht als solcher und speziell auch nicht für eine Erhaltung der Kiefermasse gerade im Bereich jener genannten kleinen Muskeln bei der sonstigen allgemeinen Reduktion des Gesamtkiefers in Betracht kommen. Außerdem fand ich bei meinen Untersuchungen, daß in der Gegend der genannten Muskelansätze bei dem heutigen Menschen mit Kinn eine größere Anhäufung von Knochensubstanz im Innern des Kiefers vorhanden ist, als bei dem altdiluvialen Kiefer und bei den großen Anthropomorphen. Diese größere Anhäufung von Spongiosa in der Kinnregion des heutigen Menschen besteht auch nicht aus dem ziemlich regellosen, meist rundmaschigen Knochengewebe des übrigen zahntragenden Kieferteiles, sondern die Spongiosaelemente sind hier nach meiner Auffassung in bestimmten Richtungen angeordnet. Aus diesem Verhalten der Knochenstruktur schloß ich, daß vermehrte und in Bezug auf Richtung feststehende Spongiosa der Ausdruck von Kraftbahnen jener erwähnten Muskeln in der Kinnregion sei. Ich sprach deshalb direkt von Trajektorien jener Muskeln. Auch diese größere Anhäufung von Knochenmasse im späteren menschlichen Kinn konnte nicht etwa durch eine noch weitere vermehrte Tätigkeit jener drei Muskeln beim Kauakt, der unmöglich seit der Diluvialzeit etwa stärker geworden sein kann, entstanden sein. Ich habe deshalb angenommen, da also keine anderweitige Funktion der Muskeln in Betracht kommen konnte, daß diese vermehrte und sogar bestimmt gerichtete Knochensubstanz in der Kinngegend (Trajektorien) durch die vermehrte Sprachfunktion allmählich geschaffen wurde, daß also der Mensch der Diluvialzeit sich zum mindesten den Gebrauch einer artikulierten Sprache in größerem Umfange zu eigen machte. Neben der Berücksichtigung der äußeren Knochenform zog ich diese meine Schlüsse also entgegen allen früheren Beobachtern nicht allein aus dem Vergleich der äußeren Form, sondern auch aus der Struktur der heutigen Kiefer mit Kinn und der diluvialen Kiefer ohne Kinn."

Auch Wallis (90) ist der Ansicht, daß die ganze retrograde Entwicklung des Unterkiefers durch eine Funktionsänderung bedingt ist, da die Beanspruchung des Gebisses nicht mehr in dem Maße nötig ist, wie es einstmals der Fall war. So war der Unterkiefer des prähistorischen Menschen größer, länger, schwerer und dichter, seine aufsteigenden Äste waren breiter, gingen in einem schärferen Winkel vom Körper ab, und besaßen Kondylen, die eine andere Stellung zum Ast einnahmen, als es jetzt der Fall ist. Die Fossa sublingualis war mehr ausgeprägt, dagegen gab es noch keine Spinae ment., die sich im Laufe der Jahrtausende wahrscheinlich durch den eifrigeren Gebrauch der Zunge infolge der mehr ausgebildeten Sprechfähigkeit entwickelten. Damit hängt auch die allmähliche Ausbildung des Kinnes zusammen, das als ein Stehenbleiben des mittleren unteren Abschnittes des Unterkiefers trotz der Reduktion der übrigen Teile wegen erhöhter Inanspruchnahme zu erklären ist.

Wegener (92/93) zeigt durch Untersuchungen an Affen- und Menschenkiefern, daß die indirekte Ursache der menschlichen Kinnbildung die Verbreiterung des Frontalhirns und damit des Schädels, im Laufe der Phylogenese ist, die direkte Ursache aber die Querwirkung des M. masseter und des M. temporalis infolge dieser Verbreiterung. Das Tuberculum articulare ist ebenfalls die Folge einer phylogenetischen Kaumuskelverschiebung, die die rückziehend hebenden Komponenten zugunsten der vorziehend hebenden aufgehoben ist. Der Zweck der menschlichen Kinnbildung ist mit der Ursache gegeben als Verstärkung des Vorderkiefers durch Anpassung an die Kaufunktion.

Auf der Tagung der Deutschen Gesellschaft für zahnärztliche Orthopädie im Jahre 1925 führte Winkler (100) aus, daß die von Walkhoff am Unterkiefer von Affen und Menschen nachgewiesenen Trajektorien, die nach letzterem der Verlauf der Spongiosabälkchen sind, sich auch bei kleinen Tieren, die fast keine Spongiosa im Unterkiefer haben, zu finden sind, daß es aber hier die Havers'schen Kanäle sind; also verlaufen auch diese nach mechanischen Gesetzen. Gebhard hat, wie Winkler weiter bemerkt, nachgewiesen, daß auch die einzelne Haverssche Lamelle, und damit das ganze Gefäßsystem des Knochens statisch aufgebaut ist. So ist es zu verstehen, daß mit dem geringsten Material der größtmöglichste Nutzeffekt erzielt wird.

Betrachtet man den Unterkiefer nach statischen Gesichtspunkten, so kann man ihn nach Winkler als einen Träger auffassen, der von der Muskulatur belastet wird. Wirken die Kräfte senkrecht zur Stabachse, so gibt es eine Verbiegung. Es wirken dann Druck und Zug. Bei anderer Belastung wird er kürzer und dicker. Die Auflage des Trägers ist im Gelenk und in der Kaustelle. Man kann am Unterkiefer alle Kräfte der Muskulatur in den Trajektorien nachweisen. Auch am Oberkiefer findet man Trajektorien gegen die Druckwirkung.

Walkhoff entwickelt seine Ansicht gegenüber den Einwänden anderer Autoren (Toldt, Weidenreich) in mehreren späteren Arbeiten (88/89) ausführlich auf Grund der Befunde an prähistorischen und rezenten Kiefern, und zeigt, daß die Reduktion der Zähne erst vom jüngeren Diluvium vollständig eintrat, und daß von dieser Periode an die Reduktion des Kieferkörpers dorsalwärts in der Gegend der Genioglossi, Geniohyoidei und Digastrici zum Stillstand kam; die weit fortschreitende Reduktion führte zur Kinnbildung, und zwar hauptsächlich durch die Reduktion des aufsteigenden Astes an Höhe und Breite, welch letzterer Vorgang durch die Reduktion der großen Kaumuskeln bedingt wurde; es folgte das Stumpferwerden des Kieferwinkels infolge des geringeren Gebrauchs der Unterkiefer. Bei allen diesen Vorgängen sieht man nach Walkhoff das Bestreben der Natur, nach dem Prinzip der funktionellen Selbstgestaltung entsprechend der verminderten Funktion von Kiefern und Zähnen mit möglichst geringer Verwendung von Baumaterial

auszukommen. Nach Ablauf des Diluviums fand eine weitere Reduktion des Kieferkörpers und der Zähne statt, so daß nur noch ein kleiner Rest des Kieferkörpers als Kinn in der Neuzeit bestehen blieb.

Der Grund hierfür ist wieder der funktionelle Gebrauch, d. h. die in größerem Umfang geübte artikulierte Sprache.

Dies vollzieht sich nach Winkler folgendermaßen: (100)

„Die für das Wachstum des Kiefers in Betracht kommenden Kräfte sind 1. das funktionelle Wachstum, 2. die Funktion, 3. der Einfluß der Zähne auf den wachsenden Kiefer."

„Der Kiefer wächst bereits im Uterus; die ihn zum Wachstum treibende Kraft ist noch nicht bekannt, man kann sie als rassenbedingtes funktionelles Wachstum bezeichnen. Das, was ihm nach der Geburt seine endgültige Form gibt, ist die Funktion. Zu der Muskelwirkung kommt der Druck der wachsenden Zähne hinzu.

Der Unterkiefer des Säuglings ist flach. Er besitzt fast keinen Kieferwinkel. Diese Form ist für den Säugling die einzig mögliche für den Saugakt, der ein ständiges Vor- und Zurückschieben des Unterkiefers darstellt, und eine ständige Vakuumbildung durch die Muskulatur. Später, wenn die Zähne durchbrechen, ändert sich das Verhältnis. Es werden zur Kieferhebung immer mehr vertikale Komponenten der Muskulatur benötigt. Damit kommt es zur Ausbildung des Kieferwinkels und des Tuberculums. Der Unterkiefer wächst so in die Höhe. In die Breite im vorderen Teil wächst er durch den Druck der Zähne, im hinteren Teil durch den Überschuß an Kraft, der durch den vertikalen Aufbiß der Zähne erzeugt wird. Der Oberkiefer wächst aus denselben Kräften heraus in die Breite. Das Kinn ist eine Folge der Degeneration des Kiefers durch die Kultur, und eine Funktionsbildung durch die Sprachmuskulatur. Kein Tier hat einen parabolischen Unterkiefer. Diese Parabelform — die heute allerdings angezweifelt wird — erzeugt ganz besondere Spannkräfte in der Kinngegend."

Die Untersuchungen Walkhoffs ergaben ferner:

Im Alveolarteil zeigt das Röntgenbild im Gegensatz zum Ramus und Corpus mandibulae eine ganz bestimmte Anordnung der Knochenbälkchen, ihr Verlauf ist nämlich nahezu vollständig horizontal. Die dazu gehörigen Zähne schweben wie in einem horizontal aufgespannten Netzwerk. Diese Anordnung der Bälkchen bezieht sich auf den gesamten Processus alveolaris. Die Stärke der Bälkchen ist bedeutend größer als diejenige der gesamten übrigen Spongiosa des Kiefers. Untersuchungen an Tierkiefern zeigten Walkhoff, daß mit der Beanspruchung der Zähne die Stärke der Knochenbälkchen wächst. Bei den Raubtieren war eine ganz besonders starke Ausbildung der horizontal gelagerten Knochenbälkchen zu finden. An sämtlichen Querschnitten zeigte er, daß die makroskopisch „kompakte" Substanz

nur am äußeren Rande diese Eigenschaft hat. Der innere Teil zeigte im Röntgenbild ein dichtes Netzwerk starker Knochenbälkchen. Ein Querschnitt durch die mediale Alveolenwand des zweiten Bicus mit dem Zahn zeigte die Stellung dieses zum Kiefer als eine gerade inmitten des Gewebes, im Gegensatz zu den Schneidezähnen, deren Alveolen einen Winkel zum Kieferkörper bilden. Dementsprechend sehen wir nicht allein lingual, sondern auch buccal spongiöse Substanz in größerer Menge auftreten. Die Bälkchen sind einerseits stärker ausgebildet, andererseits stehen sie mit dem Balkenwerk der Substantia compacta in Verbindung. Es entsteht eine wahre Kranform, in dem diese Balken nahezu vertikal von der Basis aufstreben und gegen die Aveole umbiegen, so daß sie auch mit bogenförmigen Streben zu vergleichen sind, in welchem System der betreffende Zahn hängt. Ein Querschnitt der vorderen Alveolenwand samt der medialen Hälfte des ersten Molaren zeigte uns auch diesen Zahn senkrecht zum Kieferkörper stehen. Die starken Balken an der Substantia compacta liegen zu letzterer parallel und treten in rechtwinklige Verbindung mit den horizontalen Bälkchen der Alveole. Schon an der distalen Hälfte machte sich das Auftreten der Linea obliqua externa bemerkbar. Die Substantia compacta, oder, besser gesagt, das innere Balkenwerk erreichten in der Gegend der distalen Alveolenhälfte des zweiten Molaren seine größte Stärke. Hier drückt sich auch die Gegenwart der Linea obliqua interna und die Ansatzstelle des Musculus mylohyoideus im Querschnitt des Kiefers aus. Die Linea obliqua ist offenbar eine große Verstärkung der Bruchfestigkeit des Knochengewebes. Die distale Alveolenwand des zweiten Molaren zeigt eine Verstärkung der spongiösen Substanz, entsprechend der von nun an allmählich abnehmenden Linea obliqua interna. In einem Längsschnitt durch die Alveole des Weisheitszahnes, dessen Wurzeln vollständig verschmolzen waren, zeigten sich unter der schräg nach hinten und außen ziehenden Alveole wiederum an der höchsten Stelle derselben nahezu horizontale Querbalken der spongiösen Substanz. An sämtlichen Kieferschnitten stellte Walkhoff an der Basis eine starke Lage kompakter Substanz fest, welche an der Kinngegend vorn am stärksten ist.

Was Wolff als wichtigstes Gesetz für das obere Ende des Femur fand, wies Walkhoff so im großen und ganzen für den Unterkiefer des Menschen nach. Die Struktur des Alveolarteiles des Kieferknochens zeigt demzufolge die vollendetste statische Konstruktion, welche mit einem Minimum von Material das Maximum an elastischer Druckfestigkeit leistet. Dies führt Dahnke (17) im einzelnen in folgender eingehender Erörterung vor Augen:

Bereits im frühen Embryonalleben findet sich nach den Untersuchungen von Walkhoff (85) eine deutlich ausgeprägte Struktur vor, zu einer Zeit, zu der man von einer Funktion im embryonalen Körper noch nicht reden darf; da es sich hier aber um die Anlage der Hauptzüge der späteren funktionellen Struktur handelt, muß man dieselbe rassenmäßig als ererbt annehmen.

Am Unterkiefer ist die Hauptfunktion der Kauakt. Über den gestaltenden Einfluß desselben hat uns Walkhoff (86) eingehend aufgeklärt, indem er nachweist, daß die Kompakta sowie die Spongiosa in der Hauptsache ein Produkt des Muskelzuges der Kaumuskulatur, des Kaudrucks sowie nicht zumindest der Beanspruchung auf Bruchfestigkeit ist.

Die Mehrzahl der Trajektorien befindet sich am Kieferwinkel, und zwar als Folge des funktionellen Muskelzuges sowie des rückwirkenden Druckes, der infolge der Hebelwirkung des Unterkiefers beim Kauakt gegen das Kiefergelenk ausgeübt wird. Dabei wird der Hebel dergestalt durch Kieferast +Basis, die von ihm am Angulus ansetzenden M. masseter und pterygoideus im Kiefergelenk bewegt werden.

Der zweite Teil, der Basalteil, besteht aus Kompakta, und läßt sich deutlich als zusammengepreßte, besser enggelagerte Spongiosa erkennen. An dieser Stelle ist wegen der erheblichen Beanspruchung auf Biegung, die eine Anhäufung von Reizen zur Folge hat, das vorhandene Gefüge durchaus erklärbar, zumal es auch außerdem die Grundlage für die Struktur des dritten Hauptteils, des Kieferkörpers, bildet. Hier an der Basis bleibt die Kompakta trotz seniler oder Inaktivitätsatrophie des Unterkiefers erhalten, da sie denselben am besten gegen Durchbiegung (Bruch) sichert; bei verstärkter Hebelwirkung jedoch, also Kräftigung der Kaumuskulatur, nimmt sie an Umfang noch erheblich zu.

Noch eine andere Vorrichtung gegen Bruch ist zu erwähnen, nämlich die Kieferplatten, die aus einer dünnen Schicht kompakter Substanz bestehend, seitlich den Kieferkörper schützen, und mit der Basis zusammen der Gestalt einer hohlen Säule mit deren guter Biegungsfähigkeit und Bruchfestigkeit nahekommen. Einer Verstärkung und Versteifung des ganzen Hebels dient außerdem noch die Linea obliqua externa, die von der Basis mandibulae zum vorderen Rand des Processus coronoideus aufsteigt. Ihr entspricht an der Innenfläche die durch den Muskelansatz entstehende Linea obliqua interna s. mylohyoidea.

Der Kieferkörper enthält diejenige Struktur, die speziell durch den Kaudruck hervorgerufen wird und ihm widerstehen kann. Während der Hauptteil infolge seiner verschiedenartigen Beanspruchung eine grobmaschige Spongiosa zeigt, ist die des Alveolarfortsatzes in ganz bestimmter Weise aufgebaut. Zwischen den einzelnen Zähnen befinden sich horizontal eingelagerte Bälkchen, während die labial und lingual gelegenen kranartig von der Basis zur Alveolenwand aufsteigen. Gemeinsam nehmen sie den Kaudruck, der sich an ihnen infolge des Aufhängeapparates des Periodontiums zum Teil als Zug bemerkbar macht, auf. Die Nerven aber und Gefäße für die Zähne sind der Einwirkung des Kaudruckes dadurch entzogen, daß sie in Richtung des Druckes an den Zahn herantreten, der an dieser Stelle durch senkrechte Bälkchen gestützt wird.

Die Bildung der Struktur im vorderen Abschnitt des menschlichen Unterkiefers beruht ebenfalls neben der Einwirkung des Kaudrucks auf dem der Muskulatur. Hier sind es die Mm. digastricus, geniohyoideus und genioglossus, deren Ansatzstellen eine starke Struktur auf den funktionellen Reiz hin zeigen. Die Bälkchenzüge der ersteren, die hauptsächlich als Mundöffner wirken, müßten nun auch bei den Anthropoiden vorhanden sein. Dies trifft auch tatsächlich zu. Anders dagegen beim Genioglossus. Er ist der eigentliche Sprachmuskel des Menschen und zeigt, seiner Ansatzstelle entsprechend, ein starkes Trajektorium, von dem bei den Affen nicht das geringste zu verzeichnen ist. Diese Tatsache, daß das starke Trajektorium eine Eigentümlichkeit des Menschen ist, läßt den Schluß zu, daß es als eine Folge der Sprache aufzufassen ist. Da sich aber Struktur und äußere Form einander anpassen, so stellt die Kinnbildung auf dem Umwege über die Struktur eine Folge der Funktion dar. Diese Bedeutung des Einflusses der Sprache auf die Kinnbildung ist vielfach bestritten worden, so von Weidenreich (95). Bei einer Nachprüfung im Vergleich mit den Kiefern der Anthropomorphen aber scheint sie doch zu Recht zu bestehen, wie dies Walkhoff des näheren ausgeführt hat.

Als funktionell im weiteren Sinn muß, nach Dahnke (16), auch die Aufrichtung des menschlichen Körpers angesehen werden. Durch den aufrechten Gang wurde die Muskulatur für den Unterkiefer entsprechend der neuen Lage des Knochens umgestellt, besonders aber macht sich dies beim Digastricus bemerkbar, der beim Menschen einen viel steileren Ansatz zeigt, als bei den Anthropomorphen, bei denen er mehr schräg ansetzt, und eine Umbiegung des Unterkieferrandes nach hinten hervorruft. Beim Menschen aber bewirkt die steilere Stellung eine Verbreiterung der Basis.

Die trajektoriellen Strukturen des Oberkiefers hat Walkhoff nur andeutungsweise bearbeitet.

Eingehender damit haben sich Goerke und Mathilde Barth befaßt. Goerke (22) stellt genau wie sein Lehrer Walkhoff im Unterkiefer in den Innen- und Außenlamellen des Alveolarfortsatzes des Oberkiefers eine horizontale, und an der Innenpartie eine rechtwinklig sich kreuzende Anlagerung der Spongiosa fest und findet als Ursache der Kieferstruktur ebenfalls den verschiedenartigen Aufbau der Kieferstruktur, bedingt durch die Funktion, d. h. direkt durch die Muskulatur, indirekt durch die Zähne. Die Ergebnisse Goerkes sind kurz folgende: Schon bei äußerer Betrachtung kann man eine systematische Einteilung der Knochenverstärkung innehalten. Zu unterscheiden sind:

1. Eine beim Menschen schwach ausgebildete Crista canina; sie entspringt von der Alveole des Caninus, steigt medianwärts auf zur seitlichen Nasenwand, und vereinigt sich mit der anderseitigen zu einem Knochenpfeiler im Nasenrücken unterhalb der Sutura nasofrontalis. Ihr entspricht im Röntgenbild ein Trajektorium der Frontzähne.

2. Eine Crista alveo-zygomatica: Sie beginnt an der facialen Wand des Oberkiefers zwischen M 1 und M 2, und geht, das Wangenbein durchquerend, über in die Jochbogeneinstrahlung. Diese Leistenstruktur entspricht dem Trajektorium der Backenzähne.
3. Geht von der Wurzelspitze eine Verstärkung aus, die aus verdichteter Spongiosa besteht und den Zahn vor dem Hineindrücken in den Kiefer schützt. Man findet sie von der Wurzelspitze aller Zähne ausgehend. Sie bilden das sog. Wurzelspitzentrajektorium, das in der Verlängerung der Wurzelspitzen verläuft.

Goerke hat somit die Tatsache erkannt, daß mit dem Alveolargebiet des Oberkiefers vor allem zwei wichtige Hauptgruppen trajektorieller Bahnen in Zusammenhang stehen, nämlich im vorderen Gebiet Trajektorien der Frontzähne und Prämolaren, in der äußerlich erkennbaren Crista canina, die zur knöchernen Nase laufen, und im hinteren aus den Molaralveolen stammenden Linien, welche in Goerkes Crista alveo-zygomatica zur Jochbogenwand verfolgt wurde.

Mathilde Barth (4) berichtet über Trajektorien im Jochbogen, Gaumen usw. bei Neuweltaffen.

In neuerer Zeit hat sich Gaman (21) wieder mit diesen Fragen beschäftigt, wobei er die Untersuchungen von Walkhoff usw. bestätigt.

Auch Hauptmeyer (26) wendet für den normalen Kiefer die Rouxschen Funktionsgesetze an, indem er für das Normale, für das „Ebenmaß" die harmonische Kräfteverteilung verantwortlich macht und feststellt, daß Schwankungen in der Kräfteverteilung die Form verändern müssen.

Nach Sicher (75) ist die mechanische Beanspruchung des Unterkiefers so vorzustellen:

„Gegen Verbiegungen ist er durch die Verdickung seiner kompakten Außenschicht geschützt. Diese mächtige kompakte Schale aber ist von einer Spongiosa erfüllt, in welche die Alveolen der Zähne eingebaut sind. Der Druck, welcher beim Kauakt auf die Zähne ausgeübt wird, wird zunächst durch die Aufhängefasern des Zahnes auf die Alveoleninnenwand als Zug übertragen; die Alveoleninnenwand muß nun gegen jene Kräfte, die sie mit dem Zahn in das Kieferinnere hineinzuziehen trachtet, abgestützt sein, und dies geschieht durch die von der Außenfläche der die Alveole begrenzenden zarten Kompaktalamelle entspringenden und etwa in einem Kegel angeordneten Spongiosabälkchen. Diese sind teils an der Kompakta selbst, teils finden sie ihre Fortsetzung in einem Trajektorium, welches unter den Wurzelspitzen der Zähne nach hinten verläuft, und dann schräg nach hinten und oben durch den aufsteigenden Ast zieht, um im Kieferköpfchen dann zu enden, von wo der Druck auf die Schädelbasis über das Kiefergelenk übertragen wird. Dieses wichtige Trajektorium des Unterkiefers, das Trajec-

torium dentale, ist es auch, welches an der Innenfläche des aufsteigenden Astes die Kompakta in Form einer Leiste vorwölbt, das wir als Crista Colli mandibulae kennengelernt haben. Weitere Trajektoriensysteme des Unterkiefers entsprechen vor allem als Zugtrajektorien der Wirkung der Kaumuskulatur, und finden sich daher einerseits am Kieferwinkel, anderseits von der Spitze des Proc. coronoideus in den Ast ausstrahlend. Zwischen den Trajektorienzügen des aufsteigenden Astes, und zwar zwischen Trajektorium dentale und den Trajektorien am Kieferwinkel, findet sich eine Stelle, an welcher die Spongiosa des Unterkiefers von Belastung ziemlich frei ist; demgemäß finden wir hier gewöhnlich weite, von zarten Bälkchen begrenzte Markräume, die sich hinter und unter der Weisheitszahnalveole am deutlichsten entwickelt zeigen."

„Im Bereiche der Kinngegend finden sich in der Spongiosa schräg von links nach rechts und umgekehrt aufsteigende Trajektorienzüge, die sich fast parallel rechtwinklig kreuzen, und zweifellos eine Versteifung des bei verbiegenden Kräften am meisten gefährdeten Gebietes darstellen."

„Am Oberkiefer wird der Verlauf der Stützpfeiler dadurch kompliziert, daß diese Pfeiler von ihrem gradlinigen Verlauf abweichen müssen, um die Nasenhöhle und die Orbitae zu umgreifen. Diese mehrfache Verbiegung der Pfeiler bedingt Komplikationen vor allem dadurch, daß sie aus diesen Gründen miteinander durch Verstärkungsleisten in Verbindung gesetzt sein müssen." Man kann jederseitig drei Stützpfeiler unterscheiden: den Eckzahnpfeiler, den Jochbeinpfeiler und den Flügelfortsatzpfeiler. Alle beginnen verbreitert an der Basis des Alveolarfortsatzes, und führen von hier aus zur Schädelbasis. Von besonderer Wichtigkeit sind die Verbindungen der einzelnen Pfeiler untereinander. Eckzahn- und Jochbeinpfeiler sind miteinander verbunden durch den oberen und unteren Augenhöhlenrand. Die Verbindung zwischen Jochbein- und Flügelfortsatzpfeiler ist einfacher und läuft vom inneren Ende des Tuberculum articulare in einer deutlichen Knochenverstärkung vor dem Foramen ovale zur Wurzel des Proc. pterygoideus, welch letzterer eben der Flügelfortsatzpfeiler ist. Alle drei Pfeiler sind überdies untereinander durch die Knochenplatten des harten Gaumens in Verbindung gesetzt, die gewölbeartig die Basis der Alveolarfortsätze vereinigen.

Der Aufbau des Gesichtsschädels und die an ihm wirkenden Kräfte stellen sich nach R. Weber (91) folgendermaßen dar:

„Es sind Zug- und Druckkräfte wirksam. Erstere äußern sich überall da, wo die Kaumuskeln entspringen, d. h. im Gebiete der Schläfengrubenwand, des Jochbogens und der Flügelfortsätze. Letztere in den Gelenken und im Gebiete der Zahnplatte, die durch den Druck des Unterkiefers aufwärts gegen ihr Widerlager gedrückt wird. Die derart beanspruchten Stellen müssen fest verbunden sein. Die Verstrebung der Zahnplatte mit deren Gehirnkapsel geschieht durch die Stirnpfeiler und den Jochpfeiler; der erstere

verläuft median vom Orbitaeingang durch Stirnfortsatz des Oberkiefers, und das Nasenbein zum Stirnbein, während der Jochpfeiler die Orbita lateral umgreift. Der Flügelfortsatz dient der Verstrebung zwischen Zahnplatte und Schädelbasis.

Der Jochbogen stellt ein Trajektoriensystem mit Gewölbecharakter dar, das durch den nach oben innen und unten innen gerichteten Zug der Kaumuskulatur gegen das vordere und hintere Widerlager gepreßt wird. Die vordere Jochbogeneinstrahlung trifft auf die äußere Schädelwand, die hier selbst als Gewölbe konstruiert ist. Dieses Gewölbe umfaßt die Oberkieferhöhle; der hintere Pfeiler legt sich an die Flügelfortsätze an, während der vordere sich auf die Wurzel des Nasenpfeilers (Crista Canina) stützt und die laterale Nasenwand zugleich als Basisverklammerung gegen Horizontalschub aufzufassen ist. Die vom Jochbogen auf den Oberkiefer stark nach innen wirkenden Druckkräfte haben die Tendenz, die Gaumenplatte zum Ausweichen nach oben zu bringen. Dem wirkt die Aussteifung des Gewölbes durch die Nasenscheidewand und durch das ganze Skelett des Nasentunnels entgegen. Auch die Brauenwülste haben eine mechanische Bedeutung in diesem Zusammenhang. Es kommen drei Kraftbogen zur Wirkung:

1. Masseter z. T. und Pterygoideus z. T. entspringen unmittelbar am Oberkiefer und bilden einen Kraftbogen zwischen Oberkiefer und Unterkiefer.
2. Der Masseter entspringt größtenteils vom Jochbogen. Die Kontraktion seiner Muskelmasse wirkt dahin, das Jochbein aus seinen Verbindungen herauszuhebeln (Drehbewegung des Jochbeins um seine sagittale Achse). Diesem wirken entgegen: Fascia temporalis und die Nahtverbindungen des Jochbeins mit der Umgebung. Die Nähte werden auf Zug beansprucht.
3. Masseter z. T., Temporalis und Pterygoideus int. entspringen vom Gehirnschädel. Bei ihrer Kontraktion entsteht ein Kraftbogen zwischen Gehirnschädel und Unterkiefer, wobei der Gesichtsschädel wie von einer Zange gefaßt wird. Der Kraftbogen hat Keilform, die Spitze des Keiles liegt dorsal. Der Kraftbogen hat also die Tendenz, den Keil nach ventral herauszudrücken, die Nähte zwischen Gehirn- und Gesichtsskelett werden auf Zug beansprucht. Der Tendenz, den keilförmigen Gesichtsschädel nach vorn aus seinen Verbindungen zu lösen, wirken die Teile der Kaumuskulatur entgegen, die von dorsal-kaudal nach ventral-kranial laufen (federnde Aufhängung des Gesichtsschädels)."

In wenigen Worten kann man dies, sagt Weber, ungefähr folgendermaßen zusammenfassen: „Das Gesichtsskelett ist ein mehrfach gebundenes Gerüst, das, vom Zahnapparat des Oberkiefers ausgehend, beide Gesichtshälften gegeneinander und gegen den Gehirnschädel stützt. Als Hauptbeanspruchung

kommt der Kaudruck in Frage, und demgemäß dreht sich der ganze Aufbau um die Verbindung der Zahnplatte mit ihrem Widerlager, dem Gehirnschädel. Die Nebenhöhlen sind im Gegensatz zu der Umfassung der Augen und der Nasenhöhle keine Umgehungskonstruktionen, sondern passive Bildungen."

Die Frage: Welches sind die funktionellen Kräfte, die auf und in dem Kiefer wirken? beantwortet Winkler (98) mit folgenden Ausführungen:

Der Unterkiefer ist vergleichbar einem Balken oder einem Träger. Er liegt auf im Gelenk und an der Stelle, an der gerade gekaut wird, er ist belastet von den verschiedenen Schließmuskeln. Die Wirkung der einen Balken oder Träger belastenden Kräfte ist immer die: Je näher die Kraft an eines der Auflager (d. h. der Stellen, auf die die Kraft übertragen wird) herangerückt, desto größer wird der Druck am benachbarten Lager, und desto kleiner am entfernteren Lager. Die äußeren Kräfte erzeugen in dem Körper, auf den sie wirken, Formveränderungen, und entsprechend Größe und Art der Formänderung innere Widerstände oder Spannungen.

Eine augenscheinliche Formänderung des Balkens ist die Durchbiegung. Hierbei werden bei einer Krümmung nach oben die oberen Fasern verlängert, die unteren verkürzt. Dementsprechend werden die oberen Fasern auf Zug, die unteren auf Druck beansprucht. Diese Zug- resp. Druckbeanspruchungen sind immer in der äußersten Faser am größten, nach der Mitte zu nehmen sie ab. Ist ein Träger auf drei Stützen gelagert, dann sind sowohl Krümmungen nach oben wie nach unten vorhanden, wenn zwischen den Stützen Belastung eintritt. Die äußeren Kräfte erzeugen aber nicht nur Durchbiegungen, sondern sie versuchen, an jeder Stelle den einen Trägerteil gegen den anderen zu verschieben. Die inneren Widerstände, die eine solche Verschiebung zu verhindern versuchen, nennt man vertikale Schubspannungen. Die Größe dieser Spannungen ist in den äußersten Fasern gleich Null, in den mittleren am größten. Legt man mehrere Pappdeckel aufeinander, und biegt sie nach unten durch, so sieht man deutlich, daß sie sich übereinander schieben. Bei einem aus einem Stück bestehenden Träger wird eine solche Verschiebung verhindert durch horizontale Widerstände, die horizontalen Schubspannungen; diese haben an allen Stellen dieselbe Größe wie die vertikalen Schubspannungen. Das Kräftespiel in einem auf Biegung beanspruchten Balken ist demnach ein äußerst kompliziertes, dies um so mehr, als durch die Drehungen und Schiebungen der einzelnen Teile gegeneinander auch noch Zug- und Druckspannungen in geneigte Richtung erzeugt werden.

Den Belastungen des Balkens entsprechen beim Kiefer die Muskelkräfte, und zwar beim Kauen nur die Schließmuskeln, also nur Masseter, Temporalis und Pterygoideus internus. Diese Muskelkräfte wirken je nach den verschiedenen Kaubewegungen in verschiedener Stärke und verschiedener Richtung auf den Unterkiefer. Die Effekte sind dieselben wie beim Balken:

in den einzelnen Querschnitten wirken Normalspannungen, horizontale und vertikale Schubspannungen, und als Folge dieser Einzelwirkungen geneigt verlaufende Zug- bzw. Druckspannungen. Winkler führt des weiteren aus:

Wann und wo werden nun im Kiefer die größten inneren Spannungen erzeugt, und wie verlaufen diese Spannungen? Wird auf beiden Seiten gleichmäßig gekaut, dann wird jeder Kieferschenkel nur nach oben gekrümmt. Die größten Normalspannungen werden beim Kauen auf den Schneidezähnen erzeugt, und zwar oben Zug, Druck unten. Je weiter hinten gekaut wird, desto kleiner sind die Normalspannungen. Die Schubspannungen sind in allen Querschnitten zwischen den Muskeln und der Kaustelle gleich groß, usw. usw. Zu diesen bei reiner Biegung durch die vertikalen Kräfte kommen noch Nebenwirkungen hinzu, insbesondere Torsionsbeanspruchungen, die sich in ihrer Wirkung ähnlich verhalten wie die Schubspannungen. Die Torsionsbeanspruchungen sind immer in den vom Mittelpunkt eines Querschnitts am weitesten entfernten Stelle am größten.

Die Beanspruchung des aufsteigenden Astes, der gewissermaßen in den horizontalen Ast eingespannt ist, wird durch die an diesem Teil unmittelbar angreifenden Muskeln und durch den Gelenkdruck bedingt. Die Wirkungen des Masseter und Pterygoideus internus lassen sich in klarer Weise kaum feststellen, sie werden im wesentlichen nur örtlich begrenzte Beanspruchungen an ihren Angriffsflächen erzeugen. Die am freien Ende des aufsteigenden Astes angreifenden Musc. temporalis und Pterygoideus externus beanspruchen diesen Teil noch außerdem auf Biegung. Durch diese Biegungsbeanspruchung werden entlang der hinteren Begrenzungslinie des aufsteigenden Astes größere Zugspannungen, entlang der vorderen Begrenzungslinie jedoch größere Druckspannungen erzeugt, an der Übergangsstelle des vertikalen Astes in den horizontalen dürften die größten Biegungsbeanspruchungen vorhanden sein. Beim vertikalen Kauen (Quetschdruck) wird der Einfluß des Temporalis überwiegen, der den aufsteigenden Ast nach hinten zieht. Die hierdurch erzeugte Biegungsbeanspruchung wird an der vorderen Begrenzungslinie des aufsteigenden Astes Zug-, an der hinteren dagegen Druckspannungen erzeugen. Bei der Ausführung von Mahlbewegungen wird die Stellung des aufsteigenden Astes zum horizontalen, also der Kieferwinkel, besonders durch den Pterygoideus externus beeinflußt. Winkler fährt fort:

Der Gelenkdruck wird vom Gelenkkopf und seinem Hals aufgenommen. Diese Kieferteile werden durch den Gelenkdruck am günstigsten beansprucht, wenn die Richtung des Gelenkdrucks zusammenfällt mit der Richtung dieser Kieferteile. In diesem Falle wird der Gelenkdruck lediglich eine Druckbeanspruchung erzeugen, denn der Gelenkdruck wirkt zentrisch; fallen die Richtungen nicht zusammen, so wird zu der Druckbeanspruchung noch eine Biegungsbeanspruchung hinzukommen, weil dann der Gelenkdruck exzentrisch wirkt. Da beim Erwachsenen die Resultante der Schließmuskeln

nahezu vertikal verläuft, und zwar ohne Berücksichtigung des Pterygoideus externus schwach nach hinten bei Berücksichtigung desselben vielleicht sogar schwach nach vorn geneigt ist, so wird beim Erwachsenen ein stumpfer Kieferwinkel nicht als vorteilhaft bezeichnet werden können. Der Winkel wird umso kleiner sein müssen, je mehr der Pterygoideus externus in Funktion tritt. Dies ist besonders beim Mahlen der Fall. Je häufiger und kräftiger demnach die Mahlbewegungen ausgeführt werden, ein desto kleinerer Kieferwinkel erscheint zweckmäßig.

Diesen Feststellungen über Art und Verlauf der äußeren und inneren Kräfte sind die Verhältnisse beim erwachsenen Menschen zugrunde gelegt. Beim neugeborenen Kind sind die Funktionen anderer Art: das Kind saugt. Ein Saugen ist nicht möglich ohne gleichzeitigen vertikalen Druck. Durch den vertikalen Druck wird der Kiefer eines Kindes ebenso beansprucht, wie der Kiefer eines Erwachsenen durch den Kaudruck. Da der vertikale Druck beim Kinde immer noch im vorderen Teil des Kiefers übertragen wird, so ist nach den früheren Feststellungen die Biegungsbeanspruchung sowohl wie der Gelenkdruck verhältnismäßig groß.

Beim Saugen wird aber außer dem vertikalen Druck auf den Kiefer noch eine von hinten nach vorn gerichtete Zugkraft einwirken. Diese Zugkraft greift nach außerhalb der Mittellinie des horizontalen Kieferastes an, sie wirkt exzentrisch, erzeugt somit nicht nur eine Längsbeanspruchung, sondern gleichzeitig eine Biegungsbeanspruchung. Da die Zugkraft oberhalb der Mittellinie angreift, wird eine Krümmung nach oben eintreten, d. h. es werden oben Zug-, unten Druckspannungen entstehen.

Die Beanspruchungen des horizontalen Kieferastes durch den vertikalen Druck und den horizontalen Zug wirken demnach in demselben Sinne, d. h. die Wirkungen summieren sich. Da das Saugen vor allem ein kräftiges Vor- und Zurückschieben des Kiefers erfordert, muß angenommen werden, daß der Temporalis besonders kräftig und flach nach hinten gerichtet ist. Ein kräftiger flacher Temporalis bedingt aber einen flachen, nach hinten gerichteten Verlauf der Resultante aller Schließmuskeln. Dementsprechend wird auch der Gelenkdruck flach von hinten oben nach unten vorn verlaufen. Ein flacher Verlauf des aufsteigenden Kieferastes ist somit beim Kinde zweckmäßig. „Wir sehen also", schließt Winkler diesen Abschnitt, „die Übereinstimmung zwischen statischen Untersuchungen und dem Werden in der Natur."

Auf den Oberkiefer wirken im wesentlichen von unten innen nach oben außen die Kaudrücke, und durch Vermittlung des Jochbogens, an dem der Masseter angreift, Kräfte, die nach unten und innen gerichtet sind. Diese Kraft nach innen kommt zustande erstens durch die Richtung des Masseters, der von oben außen nach unten innen verläuft, und zweitens durch die Drehung, die der Masseter auf den Jochbogen in diesem Sinne ausübt. Im

oberen Ansatz des Jochbogens wird also der Zug nach außen, im unteren Ansatz und als Folge davon im Alveolarfortsatz des Oberkiefers Druck nach unten und innen erzeugt. Das allgemeine Bild des Verlaufes der inneren Kräfte ist nach Winkler folgendes: Eine Durchbiegung im vertikalen Sinne nach unten kann beim Oberkiefer nur in geringem Maße beim Kauen auf den Schneidezähnen eintreten. Es werden deshalb auch nur Längszugspannungen im Alveolarfortsatz vorhanden sein können. Bei den Spannungen, die beim Kauen auf den hinteren Zähnen entstehen, ist immer eine Überschußkraft nach außen und oben vorhanden.

Sowohl im Ober- wie im Unterkiefer werden an den Kaustellen infolge der unmittelbaren Übertragung des Kaudrucks örtliche Beanspruchungen entstehen, die sich nur auf den Aufhängeapparat der Zähne und die nächsten Knochenteile erstrecken. Der Aufhängeapparat ist bedingt durch die Beanspruchung. Es entstehen im wesentlichen Druck-, Zug- und Scherspannungen. Die Bänder verlaufen im oberen und unteren Teil der Alveole senkrecht zum Zahn, in der Mitte dagegen geneigt nach unten. Erfolgt der Druck auf den Zahn in der Richtung der Zahnachse, dann werden die senkrechten oberen und unteren Bänder außerdem infolge der Kippbewegung des Zahnes auf der einen Seite auf Druck, auf der anderen auf Zug beansprucht. Da die Kippbewegung am stärksten an den Zahnenden auftritt, so ist die senkrechte Führung der Bänder äußerst zweckmäßig. Zur Aufnahme der in der Zahnachse wirkenden Druckkräfte sind dagegen die geneigten Bänder besser geeignet.

Wie reagiert nun der Knochen auf statische Beanspruchungen, und wie reagiert der Kiefer auf die Kräfte, die auf ihn einwirken?

Die trophische Wirkung, die Roux für die funktionellen Reize nachgewiesen hat, erzeugt im funktionellen Leben in erster Linie den An- und Umbau des Knochens. Sie wirkt nicht auf toten Knochen und wirkt nur mangelhaft auf nicht genügend erhärteten oder krankhaft erweichten Knochen. Herabgesetzte Funktion bewirkt Inaktivitätsatrophie. Druck- und Zugkräfte bewirken Knochenanbau, sog. Schub- oder Scherspannungen bringen den Knochen zur Resorption. Der Knochen wächst immer senkrecht zu der Richtung der Kraft. Einmal auftretende Kräfte alterieren den Knochen natürlich, wenn sie nicht allzu stark sind, gar nicht. Wenn die Kräfte einen trophischen Reiz ausüben sollen, dann müssen sie wieder und immer wieder auf den Knochen einwirken, d. h. sie müssen intermittierend sein; lang anhaltender Druck setzt die trophische Wirkung herab und erzeugt Knochenabbau.

Wenn dies zutrifft, so muß sich die Funktion vom ersten Tage des funktionellen Lebens an in dem Aufbau und in der Form des Kiefers auswirken.

Die ersten Kräfte, die auf den Kiefer einwirken, entstehen durch die Volumenzunahmen der sich entwickelnden Zähne schon vor der Geburt.

Zu dieser Zeit ist der Knochen noch weich, plastisch, er wird wahrscheinlich in allen Wachstumsrichtungen vor den Zähnen hergeschoben. Mit der Geburt setzt der Saugakt ein, dessen Kräfte den oben beschriebenen Reiz für das funktionelle Wachstum erzeugen.

Der Unterkiefer wächst in die Länge durch Wachstum im Wachstumszentrum. Dieses Wachstumszentrum liegt hinter den letzten Molaren, wo die größten Druckkräfte herrschen. Es ist deshalb anzunehmen, daß diese Kräfte anregend auf die Mutterzellen wirken.

Der Kiefer wächst in die Höhe. Nach Roux wächst der Knochen senkrecht zur Druck- oder Zugkraft, die hier durch die Durchbiegung entsteht. Der Kiefer wächst in die Dicke durch die Zug- und Druckkräfte, die auf den Zahn und dadurch auf den Alveolarfortsatz wirken. Die Höhenzunahme liegt ganz im Sinne der Zweckmäßigkeit, denn die Tragfähigkeit eines Balkens ist proportional seiner Breite, sie wächst aber im Quadrat seiner Höhe; ja ohne sie würde der Kiefer durch sein Längenwachstum direkt in seiner Tragfähigkeit beeinträchtigt. Noch ein weiteres kommt hinzu, nämlich der Knochenaufbau im inneren und äußeren Kieferwinkel, ebenfalls erzeugt durch die Durchbiegung. Dadurch entstehen äußerst günstige Verstrebungen.

Die Erklärung für die Tatsache, daß beim Neugeborenen der Kieferwinkel stumpf (135°) ist und vom 1. bis 18. Jahr um etwa 15° spitzer wird, ist in der Wirkung der Schließmuskeln und des Pteryg. ext. zu suchen, d. h. der Kieferwinkel wird um so spitzer werden, je kräftiger der Kieferapparat von Jugend an gebraucht wird. Winkler führt des weiteren aus:

Brechen beim Kind die Schneidezähne durch, und wird dadurch der Mund um die Länge der Schneidezahnkronen geöffnet, dann wird der Condylus vom ersten Augenblick der Öffnungsbewegung an nach vorn geschoben. Die Fossa glenoidalis tritt außer Funktion, verfällt der Inaktivitätsatrophie wird papierdünn. Durch die Wirkung des Pteryg. ext. wird der Condylus nach vorn abgebogen, seine Gelenkfläche schaut nicht mehr nach oben hinten, sondern gleich nach oben und vorn. Brechen erst die Molaren durch, dann wird beim Zubiß eine Entlastung im Gelenk, aber unter Wahrung der Funktion entstehen. Da Druckentlastung Knochenanbau erzeugt (nach Fick), wird der vordere Teil des Gelenks nach unten wachsen müssen, es entsteht das Tuberculum.

Der Unterkiefer wächst in die Breite. Diese Breitezunahme erfolgt in erster Linie durch das Breitenwachstum des Gehirnschädels. Mit dem Schädel wachsen die Gelenkflächen nach außen, und mit diesem natürlich die Kondylen. Die Kondylen werden durch das Nachaußenwachsen der Schläfenbeine und die dadurch entstehende Horizontalkomponente des Temporalis direkt nach außen gezogen. Mit dem Wachsen des Gehirnschädels wächst auch der Jochbogen mehr nach außen und wahrscheinlich wird er dadurch in der Sagittalen verkürzt, und Bluntschli hat nachgewiesen, daß

der vordere Jochbogenansatz immer über dem molarifermsten Zahn des Oberkiefers steht, also zuerst über dem ersten Milchmolaren, dann, nach seinem Erscheinen, über dem zweiten Milchmolaren, und zuletzt über dem ersten Molaren. Dadurch wird der molariformste Zahn zum stärksten Pfeiler sowohl wie für den Alveolarfortsatz, wie für den Gaumen, wie für den Jochbogen. Wächst also der Jochbogen nach außen, dann bekommt der Masseter eine Kraftkomponente, die den Unterkiefer am unteren Rande nach außen wölbt und die Zähne mit ihren Kronen nach innen drückt, so daß erst die Beziehungen zwischen den unteren und oberen Zähnen entstehen, durch die der Kieferapparat eine soweit gehende Funktionsmöglichkeit erhält. Der Kiefer ist in seinem Inneren hohl, oder besser spongiös. Das kommt durch die Schubkräfte, die dort wirken. Der Unterkiefer ist außen kompakt, das ist die Folge von Torsionsbeanspruchungen ... und natürlich auch von den sich horizontal auswirkenden Durchbiegungskräften, und Röhren widerstehen bekanntlich der Durchbiegung besser als massive Stäbe.

Auch das Höhenwachstum der Alveolarfortsätze des Oberkiefers ist eine Folge der Durchbiegung des Alveolarbogens in der Sagittalen, die beim Oberkiefer in der Hauptsache als Zugkräfte wirken, die ebenso wie im Unterkiefer hinter dem letzten Molaren ihre größte Wirkung haben und dort auf das Wachstumszentrum trophisch im Sinne des Längenwachstums einwirken. Dadurch, daß von den unteren Molaren immer zwei Okklusionsflächen nach außen, und nur eine nach innen auf die oberen Molaren und Prämolaren wirken, wird trotz der Gegenwirkung des Jochbogens eine Überschußkraft nach außen auf den Oberkiefer wirken. Ohne diese Überschußkraft bleibt der Oberkiefer in seinem Breitenwachstum zurück, sie ist der trophische Reiz für das Breitenwachstum, das in der Hauptsache in der Sutura palatina erfolgt.

Zusammenfassend sagt Winkler: „Im nichtfunktionellen Leben ist das Wachstum des Knochens ein rein präfunktionelles Wachstum, in ihm nimmt die Vererbung Gestalt an. Im Kiefer entwickeln sich die Zähne und üben den ersten Reiz auf ihn aus. Mit dem Sauggeschäft, vielleicht auch schon früher, und später mit dem Kaugeschäft setzt die Funktion in ihrer Wirkung auf den Kiefer ein. Das präfunktionelle Wachstum bleibt auch im funktionellen Leben erhalten, wird aber in den Hintergrund gedrängt durch die das Wachstum fördernde und die Gestalt und den inneren Aufbau bestimmende Funktion. Die Funktion erzeugt Kräfte auf und in dem Kiefer, die je nach der Richtung der Bewegung (Zubiß, Vorbiß, Seitbiß) verschieden sind, und für den Knochen den trophischen Reiz abgeben. Auch das Wachstum des Gesamtschädels übt eine Wirkung auf die Formgestaltung des Kieferapparates aus, und die anliegenden Weichteile (Zunge und Lippe) dürften auch nicht ohne Einfluß auf die Form besonders des nicht voll erhärteten Kiefers bleiben. So sehen wir, daß mancherlei Kräfte sich harmonisch ergänzen müssen, bis der harmonische Aufbau des Kiefer- und Zahnapparates sich

vollzieht. Sie zu erkennen, sie in normale Bahnen zu lenken und Mißbildetes zu korrigieren, ist die Aufgabe der Orthodontie."

Bluntschli (10) stellt fest, daß die Kauleistung wohl für eine große Periode im menschlichen Leben die hervorstechendste Funktion ausmacht, daß sie aber nicht die einzig zu leistende ist, da die Kiefer schon Funktionen haben, ehe irgendwelche Zähne in Aktion treten. Die Ausführung der Kauwerkzeuge sei bei genauerer Betrachtung geradezu überreich an individuellen Besonderheiten, was darauf hinweise, daß hier ein beträchtlicher Teil funktioneller Selbstgestaltung vorhanden sein müsse, die von dem Augenblick an vorhanden sind, wo das Neugeborene die ersten Kontraktionen macht.

Der Unterkiefer des Neugeborenen unterscheidet sich nach Bluntschli in vielem von dem des Erwachsenen. Bluntschli führt hier den Begriff der Basalbögen ein, die das eigentliche Traggerüst beider Kiefer darstellen. Am Unterkiefer ist der überwiegende Teil des Knochens zum Basalbogen zu rechnen, nicht dazu gehören die Muskelbauten, wie Processus coronoideus, der Angulus, das Tuber mentale und der Hauptteil des Alveolarfortsatzes. Die Spitzenteile der Zahnwurzeln sind deutlich in den Basalbogen eingesenkt, wogegen die übrigen Partien des Processus alveolaris als sekundäre Anbauten betrachtet werden. In der frühesten Ontogenie ist der Basalbogen das erste, was vom Unterkiefer erscheint, allerdings ist er dann noch in einzelnen Komponenten gesondert, die nachträglich zu einer Einheit verwachsen.

Auch im Oberkiefer macht die Basalbogenkonstruktion das entscheidende Traggerüst für die Druckaufnahme aus, jedoch kommen hier noch komplizierte Hilfskonstruktionen hinzu, als Verstrebungen. Bei den Basalbögen ist unter der Wirkung der Funktion eine verschiedene Mächtigkeit zu konstatieren. Außerdem decken sie sich in der Aufsicht nicht ganz. In diesem ihrem Verhalten sieht Bluntschli den Schlüssel für die Stellung der Zähne in den Kiefern. Das Übergreifen der oberen Zähne über die unteren hängt damit zusammen. Wenn die angelegten Zähne zum Durchbruch kommen, geht ihnen die feinere Regulierung der Stellung noch ab; sie werden im Spiel der Kräfte erst nach und nach eingeordnet; ihre Wurzelbefestigung ist noch nachgiebig. Erst dann erfolgt ihre bessere Befestigung. Bei dieser natürlichen Regulierung werden sie sich im allgemeinen so stellen, daß die Druckwirkungen auf ihre Kaufläche günstig auf das Drucklager des Basalbogens geleitet wird, und daß ihre Zahnhöcker mit denen der Gegenzähne alternieren. Daraus entsteht die verschiedene Wurzelrichtung in beiden Kiefern.

Das gleiche Thema behandelt Bluntschli (9) in einem Vortrag, in dem er ausführt:

„Die erste nutzbare Funktion, welche funktionell gestaltend wirken kann, ist die Kieferklemme (Fetus, Neugeborener). Ihr entspricht eine einfache Kiefergrundkonstruktion in den als Basalbögen zu bezeichnenden ersten Kieferanlagen, deren Ausbau in der Folge die Verwertungsmöglichkeit für

das Kaugeschäft erst schafft. Die beiden Bogenspangen im Ober- und Unterkiefer sind sehr verschieden. Letztere von vorn herein als in sich selbst alle konstruktive Festigkeit bergende Einrichtung ist viel massiver. Der obere Basalbogen wird aber erst durch die Hilfskonstruktionen, die ihn am Gehirnschädel verankern, vollwertig tauglich. Die relative Lage und Größe der beiden Grundkonstruktionen, als der Druckempfänger bei der Zusammenwirkung, ist von ausschlaggebender Bedeutung für die Wachstumsgestaltung des Gesichtsskelettes, und mit dem Auftreten der Zähne für deren Stellungsweise. Krümmung und Neigung der Kauflächen, aber auch speziellere Kieferverbildungen und Gelenkverhalten werden durch sie beeinflußt. Kieferverbildungen und Zahnstellungsanomalien können unter Beachtung der Basalbogenrelationen bei allen Rassen unter einem einheitlichen Gesichtswinkel verstanden werden.

Über seine „Basalbögen" sagt Bluntschli (12) andernorts:

„Basalbögen sind jene Teile des Unter- und des Oberkiefers, welche als eigentliche Druckaufnahmsvorrichtungen beim Widerspiel der Kiefer aufeinander wirken, und zwar schon ehe Zähne da sind, dann im Zustand des Milch- und Dauergebisses, und ebenso auch beim zahnlos gewordenen Greis. Entsprechend müssen diese Basalbögen starke Umformungen erfahren, doch behalten sie die Grundgestalt der ersten Anlage im großen ganzen bei, wenn schon ihre Krümmung sich mit dem Auftreten der Bezahnung ändert und ihre Größe und Stärke bei zunehmender Belastung verstärkt. Für den Unterkiefer läuft dieser Basalbogen von einem Kieferköpfchen über die Symphysenzone zum andern Köpfchen durch, ist also eine vorn abgerundete zweischenklige, teilweise röhrenartige Knochenspange, welcher der Alveolarteil aufgebaut wird, während der Kronenfortsatz, der Kieferwinkel und die Kinnauftreibung als Anbauen aus Muskelbewirkung aufgefaßt werden müssen. Entgegen dem frei beweglichen unteren Basalbogen findet sich der obere durch die Pfeiler des Gesichtsgerüstes im Hirnschädel verankert. Auch bleibt er in zwei knöcherne Halbbögen geteilt, indem sich ja die mediane Oberkiefer-Gaumennaht bis ins hohe Alter erhält. Er geht von der Basis des einen Flügelfortsatzes aus, zieht unter dem Sinus maxillaris durch, ist vorn wieder abgerundet, und endet in der Basis des anderen Flügelfortsatzes. Auch ihm ist der Alveolarteil aufgesetzt. Von entscheidender Bedeutung ist

1. daß die Krümmungen beider Basalbögen nicht identische sind, und daß es zwei verschiedene Krümmungsrichtungen (von hinten oben nach vorne und unten bei seitlicher Ansicht, und von links nach rechts bei Unteransicht) gibt;
2. daß das Krümmungsverhalten nur aus der gegenseitigen Bewirkung, die beide aufeinander haben, verständlich wird, denn der andrängende Unterkiefer erzeugt nicht nur Druck auf den Oberkiefer, sondern läßt auch in diesem den notwendigen Gegendruck entstehen; anfangs

wirken beide Bögen nur durch Zwischenschaltung von Weichteilen auf einander (Säugling), später durch Zwischenschaltung der Zähne, die aus ihnen sich erhoben und auf die Grundkonstruktion so befestigt worden sind, daß letzterer der von den Zähnen empfangene Kaudruck maximal übermittelt wird;

3. daß der untere Basalbogen viel massiver gebaut, frei beweglich, langschenkliger und weiter gespannt als der obere, in der Lage ist, dem Kaudruck volle eigene Festigkeit entgegenzustellen, während der Oberkieferbasalbogen durch seine Verankerung im Hirnschädel viel weniger massiv gestaltet ist, durch Druckfortleitung aber entferntere Teile des Kopfskelettes in Mitleidenschaft zieht, so daß auch für Stellen, die gar nicht Angriffspunkte von Muskelkräften sind, der von der Muskulatur erzeugte Kaudruck Gestaltbewirkungen hervorzurufen vermag."

Infolge dieser gegenseitigen Lage- und Funktionsbeziehungen hängen mit dem jeweiligen Verhalten der Kiefergrundkonstruktionen eine Reihe von Erscheinungen zusammen, die an sich längst bekannt, aber nicht einheitlich gedeutet werden können; die Größe und das Krümmungsverhalten beider Bögen, jedes für sich, aber auch eines jeden im Verhältnis zum anderen, gibt den Ausschlag für das jeweilige Zahnbogenverhalten, für den oft ganz verschiedenen Verlauf der sog. Kauebene (Bißfläche) und für jene eigenartige Seitenschrägstellung der Molaren, wodurch ihre der Bißebene zugewandte Kaufläche bald mehr etwas nach medial, bald mehr etwas nach lateral gerichtet erscheint.

Bluntschli zeigt dann, wie die größere Labilität der Kieferanlage und damit das größere Vermögen derselben zum Ansprechen auf funktionelle Reize geradezu eine Notwendigkeit für das Individuum ist, um überhaupt in der Mehrheit der Fälle einigermaßen harmonische Gestaltungen des Kieferzahnapparates hervorbringen zu können, und das eine ganze Menge verschiedenartiger Faktoren bei der Gestaltung des Gesichts- und speziell des Kiefergerüstes mitspielen und sein Wachstum beeinflussen. In der langen Zeitspanne des letzteren vermag jede kleine Abweichung, gehe sie nun aus Material- oder Belastungsänderungen oder anderem hervor, einen umgestaltenden Einfluß geltend zu machen.

Hierbei fällt der Kiefermuskulatur eine große Rolle zu, die man bisher eigentlich fast nur als kinetisch wirksame Bestandteile der Kauwerkzeuge gewertet hat, der aber nach Bluntschli auch eine große formative Bedeutung zuschreiben muß. Dies geht einmal hervor aus den Untersuchungen von Freisfeld (20), eines Schülers von Bluntschli, der dargetan hat, daß der vom Verhalten beim Erwachsenen ganz verschiedenen Schädelform beim Neugeborenen auch ein anderes Muskelverhalten entspricht, ferner aus den Untersuchungen, die Bluntschli selbst an der Kaumuskulatur des Orangs

angestellt hat, und in denen er zeigen konnte, daß andere Relationen zwischen den einzelnen während des Wachstums sich geltend machenden Kraftkomponenten, andere Bewegungsmodalitäten, andere Reichweite der Muskelwirkung beim Orang auch einen anderen Zustand im Knochenwachstum hervorgehen lassen, und drittens aus den experimentellen Forschungen, welche nach Wegnahme einzelner Kaumuskeln in der Jugend bei Haustieren andere Kiefer- und Schädelformen hervorbringen konnten. Bluntschli zitiert hier die Experimente von Ludwig Fick aus der Mitte des 19. Jahrhunderts, die von Gudden, Lesshaft, Anthony, Baker, Landsberger und Rummel (66). Letzterer besonders konnte durch seine Experimente an jungen Katzen zeigen, daß überall dort, wo die Kaumuskulatur ungestört einwirken konnte, schönere markantere Formen des äußeren Knochenbildes, und zugleich im Röntgenbild ein feiner gegliedertes, strukturell höher differenziertes Knochengewebe sich ausbildet, während bei Ausfall funktioneller Reize aus Muskelbewirkung der sich bildende Knochen gröbere, schlechter durchgebildete Formung mit geringerer Differenzierung der Struktur aufweist.

Schließlich gehören hierher die Fälle, in denen Kaumuskeln fehlen, wie die von Kahlenborn (39) und Stursberg (80) beim Menschen (letzterer fand bei angeborenem Masseterdefekt rechts die betreffende Unterkieferhälfte schwächer ausgebildet, insbesondere auch die Ramushöhe vermindert und den Kieferwinkel vergrößert, ersterer zudem auch bei konsekutive Veränderungen im Oberkieferverhalten, so daß, wie Bluntschli (13) dazu bemerkt, auch hier wieder die Abänderung eines Gliedes des Gesamtsystems deutlich andere Teile mitbeeinflußt hatte) und die bei Tieren beobachteten Kaumuskeldefekte, wie sie nach Bluntschli (13) von Toldt beim Fuchs und von Spoettel beim Wolf, Haushund und bei den Schafen beschrieben sind. Zusammenfassend sagt Bluntschli (12) das eine Mal:

„Das Wachstum ist nicht nur Wiederholungsgeschehen, es ist auch Anpassungsgeschehen. Was das Wachstum wirklich als Resultat hervorbringt, ist nicht ein zwangsläufig unter allen Umständen Identisches, es ist etwas bei aller Erbgebundenheit Individualisiertes, und damit erst den inneren Entwicklungsbedingungen und den äußeren Entwicklungsumständen zweckmäßig Entsprechendes. In diesem Anpassungsgeschehen fällt den Kaumuskeln durch die von ihnen ausgehenden Wachstumsreize auf die Knochenbildung keine untergeordnete Rolle zu. Den jeweiligen Skelettbesonderheiten bestimmter Alterszustände entsprechen nicht nur zugehörige Besonderheiten im speziellen Verhalten der einzelnen Kaumuskeln, sondern dieses letztere ist teilweise mit Ursache an der Hervorbringung von jenen."

Und andernorts drückt Bluntschli (11) dies so aus:

„Unsere Auffassung über die ursächliche Bedingtheit der organischen Formgestaltung ist in einem Wandel begriffen. Die Abstammungslehre sah fast alles nur als Folge des kontinuierlichen Erbganges. Welch schwierige

Fragen entstanden, als es galt, das Werden von neuen Arten verständlich zu machen, ist bekannt. Damals schon knüpfte man an die individuelle Variation an, wußte aber meist mit dieser so leicht feststellbaren Tatsache nicht viel mehr zu machen, als in ihr ein eigentümliches Schwanken der Form mit Rückschlägen nach vordem Gewesenen und Ausschlägen in eine bevorstehende Zukunft zu sehen. Stärkere Abweichungen deutete man als Verbildungen, und beschäftigte sich nicht weiter mit ihnen, sie waren ja pathologisch.

Es war vor allem die von Wilhelm Roux ausgehende Lehre der Selbstdifferenzierung der Teile im Organismus, was ganz allmählich die Anschauungen wandelte. Heute muß man die Ansicht vertreten, daß in jeder fertigen Gestalt und in jedem ihrer Teile ein ganz erheblicher Anteil von beweglicher Selbstdifferenzierung steckt, die zwar von Erbeinflüssen untermauert ist, aber nicht nur durch solche bedingt wird. Immer spielen auch regulatorische Beziehungen in der Entwicklung der einzelnen Teile mit, die sich nicht immer gleich bleiben, und selber immer durch Umwelteinwirkungen und innersekretorische Abänderungen umstimmbar sind. Der geistige Kampf von heute geht nicht mehr darum, ob bewegliche Selbstdifferenzierung in der Formwerdung mitspielt, sondern nur noch darum, wie groß ihr Anteil ist und in welchen Beziehungen sie zu den Erbfaktoren und Umwelteinwirkungen steht."

Auch das Schädelproblem ist in hohem Grade ein funktionelles geworden. Bluntschli (11) charakterisiert dies mit den Worten:

„Jeder Einzelschädel erscheint nach der neuen Anschauung als die selbständige Lösung einer konstruktiven Aufgabe, welche in der Anlage des Keimes wohl durch eine bestimmte Erbtendenz vorbedacht ist, aber für die Ausführung einen ganz erheblichen Spielraum zur Verfügung hat, und von diesem auch in ausgedehntem Maße Gebrauch macht."

Oder, wie Weber sagt (91):

„Der Aufbau des Gesichtsschädels ist einerseits das Produkt phylogenetischer und ontogenetischer Vorgänge; andererseits kommt er durch die Auswirkungen der Funktion (Periode der funktionellen Selbstgestaltung, Roux) zustande. Wenn er also ein harmonisches Ganzes bildet, so ist der anomal gebaute Gesichtsschädel ebenfalls durch die Funktion bedingt, deren abwegige Richtung sich mit primären Ursachen, deren Grund nur allzu oft verborgen bleibt, verbindet. Nach Abschluß der Entwicklung ist der anomale Kieferapparat auch wieder ein ausgeglichenes Ganzes, das aber durch die besonderen Bedingungen, unter denen es zustande kam, und durch die Form verschieden ist von dem, was wir als ‚Norm' anzusehen gewohnt sind. Funktion und Form gehören zusammen; das eine ist vom andern nicht zu trennen."

C. Normale und abnorme Funktionen in ihrer Wirkung auf die Kiefergestalt.

Nach den Rouxschen Funktionsgesetzen bestimmt also die Funktion die inneren Strukturen eines Organes. Herbst (35) sagt: „Die Funktion, das ist die für das betreffende Organ in Frage kommende Tätigkeit, bestimmt die innere Struktur des Organes, diese wieder hat die äußere Form — die Gestalt — zur Folge", und: „Wenn also die Funktion eine normale ist, so wird auch die Struktur und die Form eine normale sein", ferner: „Ändert sich im späteren Leben einmal die Funktion ..., so muß diese Änderung auch eine andere innere Struktur und äußere Gestalt zur Folge haben."

Was hier allgemein formuliert ist, hat auch im speziellen für den Kiefer Geltung.

Wir werden also bei normalen Funktionen eine normale Gestaltung der Kiefer zu erwarten haben, und umgekehrt, und demgemäß wird in bezug auf das Thema „Bedeutung der Funktionen für die Gestaltung der Kiefer" zuerst die normalen Funktionen, und dann die abnormen Funktionen zu betrachten sein, jede dieser Gruppen wieder eingeteilt in Funktionen vor und nach beendetem Wachstum.

1. Normale Funktion
bedeutet normalen Kauakt, normalen Zahndurchbruch und normale Atmung.

Das Kauen dient zur Zerkleinerung der festen Nahrung. In den allerersten Monaten des Lebens, wo nur flüssige Nahrung genommen werden kann, fällt die Zerkleinerung fort, hier handelt es sich um Saugbewegung der Mundgebilde. Dabei muß, wie Kreidl (48) ausführt, die Brustwarze der Mutter von den Lippen des Säuglings fest umschlossen werden. Hierbei liegt die Zunge dem harten Gaumen an, und nach hinten wird ein Abschluß der Mundhöhle durch Anlegen des Gaumensegels an den Zungengrund erzielt. Eine Erweiterung der Mundhöhle hat unter solchen Bedingungen eine Luftverdünnung in dem Saugraum zur Folge. Diese Erweiterung geschieht durch Zurückziehen der Zunge oder Senkung des Unterkiefers oder durch Zug der Zunge nach hinten. Säuglinge bringen so einen negativen Druck von 33½ cm Wasser zustande.

Die festen Nahrungsmittel werden zerbissen, und dann gekaut. Das Zerkleinern der Speisen bei den Kaubewegungen geschieht wesentlich zwischen den Back- und Mahlzähnen. Wo es sich um eine intensive Kautätigkeit handelt, werden bei der Kaubewegung gleichzeitig Verschiebungen des Unterkiefers von vorn nach hinten und auch in seitlicher Richtung ausgeführt. (Kreidl, ibid.)

Die Atmung erfolgt normalerweise bei geschlossenem Munde durch die Nase.

Der Zahndurchbruch unterliegt zwar gewissen geringen Schwankungen, findet aber im großen und ganzen in regelmäßiger Reihenfolge der einzelnen Zähne und zu bestimmten Zeiten des Alters des Kindes statt.

Diese Tätigkeiten müssen in ungestörter Zusammenarbeit erfolgen, wenn nicht mehr oder weniger intensive Schädigungen der Kieferbildung und damit der Zahnstellung resultieren sollen.

Als normal, nach Kantorowicz und Korkhaus (42), ist ein bezahnter Kleinkindeskiefer anzusprechen, wenn

1. die Alveolarfortsätze symetrisch sind;
2. sie eine durch keinen Knick gestörte Rundung aufweisen;
3. die Kauebene nicht gewölbt ist, und der obere und der untere Alveolarfortsatz beim Zusammenbiß annähernd in zwei parallelen Ebenen verlaufen.

Die Vorbedingungen für einen normalen Kieferbau und Zahnstand sind, nach Herbst (29, 32), ein normal wirkender Luftdruck, ein normaler Gewebedruck und ein normaler Kaudruck; ferner eine der Zahngröße entsprechende Kiefergröße sowie eine normale Zahnbeschaffenheit in Größe und Form.

Näher führt Herbst (30) dies dahin aus, daß er sagt, er stehe auf dem Standpunkt, daß das normale Gebiß sich so schön und gleichmäßig aufbaut, weil der Zungen-, der Lippen-, der Wangen-, der Gewebe- sowie der Kaudruck die natürlichen Führer des durchbrechenden Zahnes sind, und daß Lippen-, Wangen- und Zungendruck — mit anderen Worten: der Druck der Weichteile — nur dann normal zur Geltung kommen kann, wenn der Betreffende ein guter Nasenatmer ist, während beim Mundatmer die Zunge als Führer der Zahnreihe, wenigstens für den Oberkiefer verloren geht. Der Gewebedruck wieder treibt die Zähne in die Mundhöhle hinein, während der Kaudruck sie an einem zu weiten Durchbruch hindert. Sind nun die drei Naturkräfte, Gewebe-, Kau- und Weichteildruck (alias Luftdruck, denn es handelt sich hier in der Hauptsache um die Adhäsion des Unterkiefers), so beschaffen, daß sie sich das Gleichgewicht halten, so werden wir auch eine normale Zahnstellung erwarten können. Genügt aber der Gewebedruck nicht, handelt es sich also um ungenügende Wachstumsvorgänge, vielleicht infolge von verminderter Blutzufuhr, die wiederum eine Folge von Krank-

heiten usw. sein kann, so erhalten wir einen gestörten Zahndurchbruch; es bleiben Zähne retiniert, die Resorption der Milchzähne findet entweder zu früh oder zu spät statt, und der Durchbruch geschieht nicht in der normalen Reihenfolge oder z. T. überhaupt nicht. Die Folge ist dann ein verjüngter Zahnbogen mit der dazu gehörigen Stellungsanomalie der Zähne.

Wenn der Luftdruck nicht normal ist, d. h. wenn infolge von Mundatmung der Unterkiefer nicht angesogen wird, sondern durch die Muskeln getragen werden muß, so ist der Druck der Weichteile kein normaler, d. h. der Druck der Wangen, der Lippen, speziell des Orbicularis ist erhöht, während der Zungendruck wenigstens für den Oberkiefer fast ganz verloren geht, und somit den Zähnen den anomalen Durchbruch nach der lingualen Seite gestattet; wir erhalten die lingual verengten Kiefer, die sog. Atresie.

Wenn schließlich der Kaudruck nicht richtig in Funktion tritt, wenn das Kind also infolge von kariösen Zähnen, Polypen, Fisteln usw. nicht richtig beißen kann, so entwickelt sich der Alveolarfortsatz mehr in vertikaler Richtung, der Zahnbogen bleibt schmal, ohne daß dabei die Vorderzähne gedrängt sind, und das Gesicht sieht lang aus, während umgekehrt, bei zu starkem Kaudruck, wie das auch vorkommen kann (bei Knirschern), sich der Alveolarfortsatz zu weit in der Breite entwickelt, aber nicht genügend in senkrechter Richtung; es entsteht dann eine Schleimhautfalte längs der Zungenseite der Backenzähne.

Eingehender stellt Herbst (33) dies so dar:

1. Atmosphärendruck. „Jeder normal entwickelte Mensch atmet frei und ausreichend durch die Nase, hierbei hält er den Mund geschlossen, die Zunge füllt dabei den Raum des Cavum oris vollständig aus und liegt sämtlichen Zähnen an."

„Dieses Anliegen der Zunge entspricht nun nicht etwa einem starken oder auch nur schwachen Drucke, sondern dient nur dazu, einer Entgleisung der Zähne zu begegnen. Wir müssen uns die Bedeutung der Zunge nicht so vorstellen, als ob sie imstande wäre, die Zähne sämtlich nach außen zu drängen; das kommt nur vor, wenn die Zunge wächst, wie bei Akromegalie und Makroglossie — in diesen Fällen drängt die wachsende Zunge sämtliche Zähne in der Tat nach außen, so daß sie fächerartig sich spreizen, ja sogar eine horizontale Richtung einnehmen können —, die Zunge verringert nur durch ihre normale Lage am Gaumen, daß Zähne innerhalb des Zahnbogens zum Durchbruch kommen können."

„Der Unterkiefer hängt beim Nasenatmer wie der Sauger an der befeuchteten Scheibe am Oberkiefer, und zwar nach Maßgabe seiner Eigenschwere, d. h. er schafft einen luftverdünnten Raum, der zu der Schwere des Unterkiefers im Verhältnis steht. Dieser Raum bildet sich nach Donders an der höchsten Stelle des Gaumens, und wird auch als Donderscher Saugraum des öfteren in der Literatur erwähnt."

„In gleicher Weise wie die Zunge legen sich auch Lippen und Wangen den Zähnen an, ohne indessen einen besonderen Druck auf die Zähne auszuüben, aber auch sie verhindern ausreichend, daß die Zähne beim Durchbruch nach außerhalb der Zahnreihe entgleisen."

„Wir haben also im angesogenen Unterkiefer, mithin in der Wirkung des Luftdruckes, hervorgerufen durch das Gewicht der hängenden Mandibula, eine schwache aber dauernd wirkende Kraft zu respektieren, welche die durchbrechenden Zähne hindert, nach außen oder innen von der normalen Zahnreihe abzuweichen."

„Wir können daher an Stelle des Wortes Luftdruck auch das Wort Weichteildruck setzen. Doch ist dieser Weichteildruck nur ein hindernder, nicht treibender, und in seiner Wirksamkeit stets abhängig von der Adhäsion des Unterkiefers, und diese wieder von der freien Nasenatmung. Daher kommen enge Zahnbögen und außerhalb des Zahnbogens durchbrechende Zähne auch fast nur bei Mundatmern vor."

2. Gewebedruck. Hierunter versteht Herbst in erster Linie das eigentliche Wachstum der Kiefer und Zähne. „Der Zahnkeim beansprucht in seinen kleinsten Anfängen fast gar keinen Platz, je mehr er sich aber seiner definitiven Form nähert, um so mehr wird er sich ausdehnen, seinen Platz innerhalb des Alveolarfortsatzes beanspruchen, die Krone in die Mundhöhle hineintreiben und solange sich selbst und mit sich den Alveolarfortsatz nach unten bzw. im Unterkiefer nach oben entwickeln, bis er seinen Antagonisten berührt, und dadurch am weiteren Eindringen in die Mundhöhle gehindert wird."

Außer dem Wachstum des Zahnes kommen auch das Knochenwachstum und die Umformungsmöglichkeiten der Kieferknochen, der Kieferhöhle, der anderen Nebenhöhlen usw. in Betracht (funktionelle Anpassung nach dem Rouxschen Gesetz).

3. Kaudruck. Unter den Kindern gibt es starke Beißer, ja sogar nächtliche Knirscher, und besonders auf Grund schmerzenden Zahnmaterials schlechte Beißer. Der Knirscher wird dem Gewebedruck des durchbrechenden Zahnes einen ganz anderen Widerstand entgegensetzen, als der normale oder gar der schlechte Beißer. Die Folge ist dann, daß beim Knirscher der Zahndurchbruch besonders bei den Milchmolaren gehemmt oder beim gleichzeitigen Abschleißen der Zahnhöcker an einer normalen Entwicklung gehindert wird, der Alveorlarfortsatz wird dadurch kompakter, der ganze Unterkiefer geht höher als normal, und der Erfolg ist eine Zahnstellung, die in vertikaler Richtung vom Normalen abweicht.

Der Kaudruck muß also dem Gewebedruck die Waage halten, der Zungendruck dem Wangen- und Lippendruck, und Zungen-, Wangen- und Lippendruck auf der einen Seite dürfen dem Gewebe- und Kaudruck auf der anderen

Seite nicht überragend oder unterliegend gegenübertreten, falls keine Stellungsanomalie eintreten soll.

Hieraus ergibt sich, daß nach allen Richtungen der Würfelflächen die Zähne gewissermaßen eingedämmt sind, und daß ihr Durchbruch in den allerbesten Führerhänden liegt, vorausgesetzt, daß diese Führer nicht versagen. „In vertikaler Richtung sorgen Gewebedruck und Kaudruck, in lateraler Richtung Zungen-, Lippen- und Wangendruck alias Luftdruck, und distaler und mesialer Richtung die Nachbarzähne für die richtige Einstellung des durchbrechenden Zahnes, und wenn alle diese Faktoren sich die Waage halten, wenn keine pathologischen oder äußeren Ausflüsse das Gleichgewicht stören, und wenn keinerlei Mißbildungen oder Anomalien des Zahn- und Kiefermaterials vorliegen, so können wir mit einiger Sicherheit auf einen normalen Zahndurchbruch und eine normale Zahnstellung rechnen."

Die Zähne müssen also ihren normalen Platz in der Zahnreihe einnehmen, wenn die im Munde vorhandenen Naturkräfte normal zur Wirkung kommen. In vielen Fällen versagen aber diese Kräfte.

Es kann z. B. vorkommen, daß infolge eines lympathischen Habitus die Nasenatmung völlig behindert oder wesentlich erschwert ist; dann liegt also die Zunge dauernd im Unterkiefer, der Mund ist ständig geöffnet, und der normale Weichteildruck der Zunge kommt im Oberkiefer gar nicht zur Geltung. Es wird also der natürliche Widerstand, den die Zähne an der Zunge finden, völlig ausgeschaltet. Der Oberkiefer bricht dann zusammen, und wir erhalten die sog. Angina maxillaris, wie sie bei den Mundatmern beinahe typisch ist.

Da nun zu einem schmalen oberen Zahnbogen ein breiterer unterer Zahnbogen nur dann eine einigermaßen gute Artikulation fertigzubringen imstande ist, wenn man den breiteren Zahnbogen um eine Zahnbreite weit zurückverlegt, so sorgt die Natur dafür, daß in den Fällen der Angina Maxillaris sich meistens eine Retrogenie entwickelt, und wir erhalten die Form der Zahnstellung, die fälschlicherweise mit Prognathie des Oberkiefers bezeichnet wird. In Wirklichkeit steht nämlich nicht der Oberkiefer zu weit vorn, sondern der Unterkiefer zu stark eingewinkelt, und hat sich nicht genügend weit nach vorn entwickelt. Andererseits ist es möglich, daß der Unterkiefer, ohne distal abzuweichen, ebenfalls Angina zeigt. (Klasse I, Neutrogenie.)

Kommt zu der schlechten Nasenatmung nun auch noch eine schlechte Mundatmung infolge von Anschwellung der Gaumenmandeln hinzu, so entlastet gewohnheitsmäßig das Kind den Eingang zum Rachen dadurch, daß es den Unterkiefer, und mit ihm die geschwollenen Mandeln etwas nach vorn schiebt, die unteren Schneidezähne stellen sich dann beim Zahnwechsel vor den oberen Schneidezähnen auf, und, da sich die später durchbrechenden Eck- und Backenzähne lückenlos den Schneidezähnen angliedern, so entsteht der vorspringende Unterkiefer oder die Progenie.

Es gibt gewohnheitsmäßige Knirscher, Kinder, die besonders nachts mit den Zähnen fest aufeinander beißen und die Kiefer bewegen. Dadurch überragt der Kaudruck bei den Backenzähnen, und hindert diese, dem Gewebedruck gänzlich folgen zu können. Es kommt zu einem Konflikt zwischen Kaudruck und Gewebedruck, und die Folge ist, daß der Alveolarfortsatz sich bei den Knirschern verdickt, und die Zähne nicht so weit in die Mundhöhle eintreten, wie bei normalen Zuständen. Da das Knirschen bei den Vorderzähnen wegfällt, so wachsen diese häufig aneinander vorbei, und es kommt zu einem Deckbiß.

Wenn aber das Kind infolge kariöser Zähne beim Kauen Schmerzen erleidet, so entzieht es sich instinktiv der Kaufunktion, und es kaut wenig oder gar nicht, läßt dem Gewebedruck gewissermaßen freie Hand, und die Zähne treten zwar in schmalerem Bogen, aber etwas in vertikaler Richtung tiefer in die Mundhöhle hinein. Es entsteht dadurch eine Art Langgesicht, wobei häufig die Vorderzähne gar nicht mehr zum Schluß kommen.

Die Angewohnheit, die Wangenschleimhaut zwischen den Zähnen einzusaugen, ist eine seltene, aber gut beobachtete Erscheinung, deren Folge darin besteht, daß wohl die Vorderzähne sich treffen, während die Backenzahnreihen klaffen. Hier ist also durch das Einsaugen der Gewebedruck behindert worden, die Backenzähne genügend weit in die Mundhöhle eintreten zu lassen, während die Vorderzähne zu normalem Schluß gelangt sind.

Kinder, die in der Jugend nicht durch die Nase atmen konnten, später aber, meistens bei Beginn der Pubertätszeit, eine normale Nasenatmung erhielten, litten zu dieser Zeit schon an der Angina maxillaris und Retrogenie. Da sie aber nunmehr die Nasenatmung frei hatten, zeigte sich das Bestreben, die Unterkiefer anzusaugen; sie erreichten dies, da ihnen der normale Lippenschluß nicht möglich war, durch Einziehen der Unterlippe zwischen die obere und untere Zahnreihe. Hierdurch tritt eine Keilwirkung seitens der fleischigen Unterlippe ein, wodurch die oberen Vorderzähne nach vorn gedrückt werden, während die unteren diesem Drucke in entgegengesetzter Richtung folgen und das häßliche Bild der sog. Prognathie wird noch verschlimmert. Die Vorderzähne stehen dann mitunter fast horizontal aus dem Munde heraus, und bewirken ein überaus häßliches Aussehen.

Zusammenfassend sagt Herbst: Die Einstellung der Zähne in jedem Gebiß zum normalen Bogen und zur normalen Okklusion ist aufgebaut auf dem Herbstschen Gesetz der dentalen Beziehungen, d. h. auf der Voraussetzung, daß die Form, Größe und Zahnzahl der Zähne eine normale ist, daß also die linke Seite das Spiegelbild der rechten ist, und die Zähne des Unterkiefers in Form und Größe zu denjenigen des Oberkiefers passen, und daß ferner die im Munde vorhandenen Naturkräfte, Kaudruck, Gewebedruck und Luftdruck von normaler Beschaffenheit sein müssen, und in keiner Weise von Krankheiten, Angewohnheiten usw. gestört werden dürfen.

Abschließend kann also gesagt werden, daß normale Funktion bedeutet: normalen Kauakt, normalen Zahndurchbruch, normale Atmung (also keine Mundatmung), d. h.:

a) während des Wachstums muß die Kiefergröße sich der Zahngröße anpassen, die Durchbruchszeiten müssen eingehalten werden, das Kind darf nicht mit offenem Munde schlafen, auch nicht knirschen, die Zahl der Zähne muß normal sein, auch ihre Größe und die Struktur darf den Kauakt nicht behindern;

b) nach der Wachstumsperiode darf der Zahnverlust nicht früh einsetzen; setzt er aber ein, so soll er möglichst symmetrisch erfolgen, nicht auf pathologischer Basis.

Und vorgreifend dem nächsten Kapitel mag bereits erwähnt werden, daß frühzeitige Milchzahnextraktion auf den Kaudruck, Angewohnheiten auf den Kaudruck und die Atmung wirken, während pathologische Einflüsse, die den Ablauf des Zahnwechsels ungünstig beeinflussen, besonders Persistenz der Milchzähne, die über ihre Zeit hinaus im Kiefer stehen bleiben, so daß die Ersatzzähne nicht durchbrechen können (Angle [1], Kantorowicz und Korkhaus [43]), sowie Störungen der inneren Sekretion (Hyperfunktion der Schilddrüse ruft Beschleunigung, Hypofunktion Verzögerung des Zahnwechsels hervor; Hypofunktion der Hypophyse und der Epithelkörperchen verzögern die Dentition), und Rachitis, die den Zahnwechsel verzögert, Ursachen der Anomalien der Zahnstellung sind.

2. Abnorme Funktionen.

A. Vor beendetem Wachstum.

Treffen diese fundamentalen Gesetze für den normalen strukturellen Bau der Kiefer zu, so ist dieser auch den Gesetzen der funktionellen Umgestaltung unter pathologischen Verhältnissen unterworfen. Unter dem Einfluß der letzteren erleidet der Kiefer eine entsprechende Veränderung, und zwar kann dies sowohl während des Wachstums als auch nach der Wachstumsperiode der Fall sein.

Betrachten wir zunächst die abnormen Funktionen während des Wachstums, so kommen zunächst die Folgen frühzeitiger Milchzahnextraktion in Betracht.

Hierüber sagt schon Angle (1. S. 159): „Die Natur hat den Milchzähnen bis zu dem normalen Zeitpunkt des Zahnwechsels nicht nur die wichtige Funktion des Zerkleinerns der für das Kind notwendigen Nahrung gegeben, sondern auch die, in mechanischer Weise zu der Entwicklung des Alveolarfortsatzes, und wahrscheinlich auch der Kiefer beizutragen." Und Angle führt dann weiter aus, inwiefern der vorzeitige Verlust von Milchzähnen auf die Gestaltung des Kiefers einwirkt:

„Da die bleibenden Zähne größer und zahlreicher sind als die Milchzähne, so wird der für sie erforderliche größere Raum durch Erweiterung der Zahnbögen zwischen den Eckzähnen und Verlängerung ihrer seitlichen Hälften hinter den Milchmolaren gewonnen. Dies wird zum größten Teil durch die Entwicklung und den Durchbruch der bleibenden Molaren veranlaßt. Wenn der mesiodistale Durchmesser der Milchzähne durch Karies nicht verringert wurde und die Zähne die normale Zeit erhalten blieben, so muß sich der erste bleibende Molar, wenn er seine Stellung im Bogen einnimmt, im Unterkiefer freien Weg zwischen dem zweiten Milchmolar und dem Kieferast, im Oberkiefer zwischen ersterem und der Tuberositas erzwingen. Gleichzeitig mit dem Wachstum der Kiefer werden die Milchzähne nach vorne gebracht, und die normale mesiodistale Verlängerung des Alveolarfortsatzes tritt ein."

„Wenn einer der seitlichen Milchzähne frühzeitig verloren gegangen ist, z. B. der untere erste Milchmolar, so wird sich der Einfluß des als Keil wirkenden durchbrechenden ersten Molars nur an der distalen Seite des zweiten Milchmolars bemerkbar machen; anstatt der normalen Verlängerung der seitlichen Hälfte dieses Bogens durch das Vorwärtstreiben aller Zähne, wird jetzt nur der zweite Milchmolar nach vorwärts gedrängt werden, um einen Teil des durch den Verlust des ersten Milchmolars freigewordenen Raumes einzunehmen. So wird diese seitliche Hälfte des Zahnbogens kürzer als normal sein; wenn nun aber in dem entgegengesetzten Bogen derselben Seite kein Zahn verloren gegangen ist, wenn die treibende Kraft des durchbrechenden oberen ersten Molars die Milchzähne nach vorne gebracht und den Bogen in normaler Weise verlängert hat, was natürlich eine Ungleichheit in der Länge der seitlichen Hälften der Bögen auf der entsprechenden Seite zur Folge hat, so muß sich eine Okklusionsanomalie entwickeln, die über die Mittellinie hinausgeht. Die Folge muß entweder Protrusion der oberen Schneidezähne sein, oder eine unregelmäßige Anordnung derselben, hervorgerufen durch das Bestreben der Natur, die Harmonie in der Größe der beiden Bögen mit Hilfe des Lippendruckes herzustellen."

Angle knüpft an diese Ausführungen über den Einfluß der Milchzähne bei der Entwicklung der Zahnbögen die Mahnung, sie nicht bloß unbedingt ihre normale Zeit erhalten bleiben zu lassen, sondern auch, wenn sie durch Karies zerstört sind, ihren vollen mesiodistalen Durchmesser durch geeignete Füllungen wiederherzustellen.

Angle muß nach Kantorowicz und Korkhaus (43) das Verdienst zugesprochen werden, „zuerst klar die entwicklungshemmende Wirkung einer Extraktion auf den wachsenden Kiefer beschrieben zu haben", jedoch vermissen Kantorowicz und Korkhaus eine klare Gegenüberstellung der passiven, durch die Kieferentwicklung bedingten Zahnbewegung mit der aktiven Wanderung der Zähne, und sie führen hierzu aus: „Die Entwicklung der Kiefer wird bestimmt durch zwei Faktoren, einmal von der gleichen ererbten Ge-

staltungskraft, die die Formentwicklung aller Teile des Körpers beherrscht, und weiterhin von dem Wachstum und dem Durchbruch der Zähne. Während beim zweieinhalbjährigen Kinde das Milchgebiß am Tuber abschließt, hat sich im sechsten Lebensjahre zwischen Milchmolaren und Tuber ein Raum gebildet, groß genug, um den im Durchbruch befindlichen Sechsjahrmolaren aufzunehmen. Von einem Beobachter, dessen Standpunkt man sich am Tuber denken möge, betrachtet, wäre also diese sagittale Kieferverlängerung in der Weise vor sich gegangen, daß sämtliche Zähne vorgeschoben wurden, bis genügend Platz vorhanden ist. Von einem eigentlichen Keildruck der Molaren kann dabei keine Rede sein, sicherlich handelt es sich um ein durch den Reiz der Zahnentwicklung ausgelöstes kompliziertes korrelatives Kieferwachstum, das sich am Unterkiefer vom Gelenk her vollzieht, während der Wachstumsmodus im Oberkiefer noch nicht eindeutig geklärt ist."

Kantorowicz und Korkhaus bezeichnen diese durch den Wachstumsdruck des jeweilig letzten Zahnes bedingte Mesialbewegung mit „Zahnwanderung" der Zähne in die Lücken hinein. „Naturgemäß", so fahren sie fort, „kann die Zahnverschiebung nur dann in normaler Weise vor sich gehen, wenn alle Zähne im Kiefer zur Druckübertragung vorhanden sind. Wird während dieser Zeit ein Zahn extrahiert, so beschlagnahmt der sich entwickelnde Molar soviel von der Extraktionslücke, wie ihm an Raum noch fehlt; das Kieferwachstum auf dieser Seite sistiert; die Zähne vor der Lücke bleiben — da die weitere Zahnverschiebung ausbleibt — an ihrer Stelle stehen . . . Sowohl die Kieferverlängerung unter dem Einfluß der ersten Molaren (dritten bis sechsten Lebensjahr), wie auch diejenige, während der des zweiten Molaren (sechsten bis zwölften Lebensjahr), kann durch Extraktionen gestört werden. Praktisch kommt freilich nur die letztere in Frage, da Extraktionen vor dem sechsten Lebensjahr ziemlich selten sein dürften."

Aus dem Studium der Fälle von Extraktionen bei Sechsjahrmolaren leitet Kantorowicz (43) folgende Regeln ab:

1. Wenn der jeweilig letzte Zahn der Zahnreihe entfernt ist, bevor der Kiefer für die Aufnahme des nächsten Zahnes in die Länge gewachsen ist, und hat sich dessen Lücke geschlossen, so stehen die vor dem entfernten Zahn stehenden Zähne distal zur gesunden Seite (ausbleibende Zahnverschiebung).
2. Wird dagegen der jeweils letzte Zahn der Zahnreihe nach Zahnverschiebung entfernt, so rücken die hinter dem entfernten Zahn stehenden Zähne nach mesial (Zahnwanderung).
3. Wird während der Zahnverschiebung ein Zahn aus der Zahnreihe entfernt, und hat sich seine Lücke geschlossen, so stehen sowohl die vor wie hinter der Lücke stehenden Zähne distal bzw. mesial zur gesunden Seite (ausbleibende Zahnverschiebung kombiniert mit Zahnwanderung).

Wird nicht der letzte Zahn, sondern ein mehr mesialwärts stehender, wie beispielsweise der erste Milchmolar oder der Milcheckzahn extrahiert, so geht die Zahnverschiebung bis zur Lücke normal vor sich, und erst das Kieferstück vor der Lücke bleibt im Wachstum zurück. Bei späterer Extraktion wird in diesen Fällen ein selbständiges „Vorwandern" der Zähne in die Lücke hinein nur in beschränktem Maße möglich sein wegen der im Kiefer unter den Milchmolaren liegenden Prämolaren.

Wird im Oberkiefer auf beiden Seiten derselbe Zahn zu gleicher Zeit vorzeitig extrahiert, so bleibt der ganze Oberkiefer im Längenwachstum zurück, und da der Unterkiefer sich ungestört weiterentwickelt, entsteht eine scheinbare Progenie (oberer Frontzahnrückstand bei Neutralbiß der Molaren). Dasselbe Verfahren im Unterkiefer bedingt ein umgekehrtes Mißverhältnis, ein Zurückbleiben des Unterkiefers gegen den Oberkiefer, d. h. eine scheinbare Prognathie (unterer Frontzahnrückstand bei Neutralbiß der Molaren).

In umfangreichen Untersuchungen an einem größeren Material der Kölner Schulzahnklinik hat Philips (57) diese Theorien bestätigt, bei denen ja immer zu berücksichtigen ist, daß die entwicklungshemmende Tendenz einer vorzeitigen Extraktion durch die von Kantorowicz angenommene vererbte Wachstumstendenz, die bei den einzelnen Individuen verschieden ist, modifiziert wird, so daß die Kiefer also sich auch ohne Anreiz seitens der Zähne in vermindertem Maße weiterentwickeln.

Es erübrigt sich, noch weiter auf die Folgen frühzeitiger Extraktionen im Milchgebiß einzugehen und die vielen Autoren zu zitieren, die sich dagegen aussprechen. Es sei nur auf die einleuchtende Hypothese von Herbst (36) hingewiesen, nach welcher der Kiefer allein keine Alveolen bilden kann, sondern daß hierzu eine Zahnanlage nötig ist; nach Extraktion eines Zahnes bildet sich an Stelle der Zahnlücke eine kompakte Knochenmasse, welche keinerlei Zeichen einer Alveole mehr an sich zeigt; diese Alveole muß also resorbiert sein. Daß damit weitere funktionelle Umgestaltungen des Kiefers verbunden sind, liegt auf der Hand. Herbst führt andernorts aus (36b), daß Extraktionen auch zu orthodontischen Zwecken nur nach strengen Indikationen ausgeführt werden dürfen, die er genau angibt. Bezüglich des Einflusses der Nahrungsaufnahme und der Angewohnheiten im Säuglings- und Kindesalter geben Kantorowicz und Korkhaus (42) folgende Darstellung:

1. Nahrungsaufnahme.

a) Saugen. Dasselbe kann, wie die Arbeiten von Auerbach (3) und von Dependorf (17) gezeigt haben, in verschiedener Weise vor sich gehen. So ist das Einschlürfen heißer Getränke ein inspiratorisches Saugen. Das Trinken des Erwachsenen stellt dagegen einen Vorgang dar, bei dem innerhalb der allseitig abgeschlossenen Mundhöhle durch Erweiterung des Luftraumes eine Luftverdünnung eintritt. Diese Erweiterung der Mundhöhle entsteht durch Niederziehen der Zunge,

ähnlich wie ein Spritzenstempel beim Zurückziehen wirkt. Die Zunge wird mittels der Zungen- und Zungenbeinmuskulatur bei festgestelltem Zungenbein heruntergezogen und außerdem abgeflacht. Beim Säugling vollzieht sich dagegen die Erweiterung der Mundhöhle, das „primitive" Mundsaugen, wie Auerbach es nennt, in etwas anderer Weise. Der Säugling bewegt, mit geschlossenem Mund die Mamilla innig umfassend, den Unterkiefer abwärts, und erzeugt dadurch im vorderen Teil seines Gaumens einen Saugraum, der noch vergrößert wird durch die aktive Zurückziehung der Zunge. Die Zunge senkt sich bei angespanntem Mundboden und fixiertem Zungenbein, und flacht sich durch den M. genioglossus und M. hyoglossus ab. In dieser ersten Phase des Saugvorganges tritt noch keine Milch in die Mamilla. In der zweiten Phase schließt sich der Unterkiefer, und preßt durch den Druck des unteren Alveolarfortsatzes und der sich löffelförmig von unten an die Brustwarze legenden Zunge die Milch aus. Die Milch fließt nun über den Zungenrücken hinweg und passiert den weichen Gaumen. Nach dem Schluckakt entsteht dann sogleich der Saugraum wieder durch Senken des Unterkiefers und Niederziehen der Zunge.

Beim Flaschenkind spielt sich dagegen die Nahrungsaufnahme in anderer, für das Kind wesentlich ungünstigerer Weise ab. Aus der Flasche läuft die Flüssigkeit durch den Schnuller nur heraus, wenn außerhalb des Schnullers, also in der Mundhöhle, ein genügend großer negativer Luftdruck herrscht. Ein Druck auf den Schnuller, ähnlich dem normalen Saugen an der Brust, würde ein Zurückströmen der Flüssigkeit in die Flasche bewirken. So ist beim Flaschenkind die Saugphase besonders betont; wohl sind gewisse leichte rhythmische Bewegungen der Kiefer und Lippen nicht zu verkennen, es kommt aber nicht zu einem aktiven Druck des Unterkiefers bzw. der Zunge. Die Beißfunktion und die damit verbundene Stärkung der Unterkieferarchitektur tritt daher beim Flaschensaugen ganz zurück hinter der reinen Saugwirkung. Der Saugvorgang wird überdies noch ständig gestört durch kleine Pausen, in denen das Kind Luft durch die Saugeröffnung in die Flasche eindringen läßt, damit die Milch wieder angesaugt werden kann. Die Wangenweichteile, die beim Brustsaugen, wie auch Auerbach (3) ausdrücklich betont, nicht aktiv mitbeteiligt sind, sind beim Flaschensaugen ganz besonders eingesogen. Das Flaschenkind hat also eine intensivere Saugarbeit zu leisten, bei der die Wangenweichteile durch den atmosphärischen Luftdruck fest eingestülpt und den Kiefern eingepreßt werden. Bei gleichzeitiger Nachgiebigkeit des Knochens resultiert dann daraus eine seitliche Kompression im vorderen Teil des oberen Alveolarfortsatzes, während die Gegend der mittleren Schneidezähne unbeeinflußt bleibt, da hier der Schnuller liegt. Auch der Unterkiefer erleidet durch den Druck der Außenluft

Veränderungen; wegen seiner kräftigen Kompaktastruktur jedoch leistet er der seitlichen Kompression gegenüber ziemlichen Widerstand, und gibt nur sagittalwärts im Sinne einer Abflachung der Front und Rückwärtslagerung des gesamten Unterkiefers nach.

b) Kautätigkeit. In dem Maße, wie die flüssige Nahrung mit breiiger und festerer Kost vertauscht wird, kommt die Kaufunktion in immer größerem Maße in Geltung.

Ein direkter deformierender Zug des Masseters auf den Oberkiefer findet nicht statt, wahrscheinlich dagegen eine Abflachung des Unterkieferwinkels, wodurch allmählich ein Klaffen der frontalen Teile der Alveolarfortsätze, ein offener Biß, entsteht. Außer diesem Masseterzug kann sich die Kaumuskulatur noch indirekt deformierend auf den Oberkiefer auswirken, und zwar dadurch, daß unter den bei Frührachitis herrschenden Verhältnissen (schneller Verfall der hypoplastischen Milchmolaren) der Kaudruck mehrere Jahre auf den Milchfrontzähnen lastet, wodurch sich der nachgiebige Oberkiefer vertikal zu einem offenen Biß aufbiegt, während der resistentere Unterkiefer mehr oder weniger standhält.

2. Unarten. Es sind dies aus der Säuglingszeit übernommene und mit dem Sättigungsgefühl verbundene Angewohnheiten, in erster Linie das Daumen- und Schnullersaugen. Alle beim Brust- und Flaschensaugen in Tätigkeit tretenden Saugarten können dabei vorkommen. Kantorowicz und Korkhaus (42) unterscheiden folgende Arten:

a) Es kann der beim Flaschensaugen wirkende Mechanismus bestehen. Unter kontinuierlichem Rückwärtsziehen der Zunge wird der Daumen oder Schnuller durch den negativen Saugraum eingesogen und der Unterkiefer durch die Zungenbeinmuskulatur so gehalten, daß er nicht auf den Schnuller oder Daumen drückt.

b) In anderen Fällen wird der Daumen, wie eben beschrieben, im Munde gehalten; der Unterkiefer ist jedoch nicht fixiert, sondern wird durch den Luftdruck gegen den Oberkiefer bzw. den dazwischen gelagerten Daumen gepreßt. Die ständig vor- und zurückgezogene Zunge bildet den Saugraum.

c) Nicht selten tritt freilich der Saugmoment stark in den Hintergrund, so daß ein Lutschmechanismus entsteht, der dem beim normalen Brustsaugen bestehenden Vorgang ähnelt. In diesen Fällen besteht weniger ein eigentliches Saugen an dem Schnuller oder Daumen, als vielmehr ein ausgesprochenes Beißen. Diese Art von Finger- oder Schnullerlutschen scheint mit Vorliebe während des „Zahnens" bestätigt zu werden, wenn der Säugling den Lutschkörper (Beißring) fest in die Gegend der durchbrechenden Milchzähne anpreßt.

In den ersten beiden Fällen kommt hauptsächlich der allseitige Druck der Außenluft zur Auswirkung; es entsteht ein komprimitierter Oberkiefer

und ein retrudierter Unterkiefer. Bei dem letzten Lutschmechanismus dagegen ist die Kaumuskulatur, die den Unterkiefer anpreßt, hervorragend beteiligt; ein offener Biß ist die Folge, wenn der Kiefer eine abnorme Nachgiebigkeit besitzt.

Verstärkend wirkt daneben nicht selten der rein mechanische Druck des eingeführten Daumens, der die Oberkieferfront nach vorn und oben ausbiegt und den Unterkiefer mit seiner Rückenfläche zurückdrückt.

Zusammenfassend kommen beim Daumenlutschen folgende deformierende Faktoren in Betracht:

1. beim „reinen" Saugen die allseitige Kompression der Außenluft;
2. beim vorwiegenden Beißen der Zug der Kaumuskulatur;
3. zu beiden gesellen kann sich der Druck des Daumens.

Unter dem Einfluß des Lutschens und des Flaschensaugens entsteht, nach Korkhaus (46), die Kieferkompression mit (engstehender oder lückiger) Protrusion der oberen Frontzähne im Milchgebiß bereits im ersten und zweiten Lebensjahre, während in der Unterkieferfront nur eine Abflachung, eine mäßige Retrusion oder ein mäßiger frontaler Engstand sich entwickelt. Während also der Symptomenkomplex der Kieferkompression mit frontaler Protrusion unter Umständen schon im zahnlosen Säuglingskiefer in allen Hauptmerkmalen ausgeprägt ist, ist die Kieferkompression mit frontalem Engstand (von den seltenen Fällen eines geringgradigen Engstandes im Milchgebiß abgesehen) eine Anomalie des bleibenden Gebisses, womit aber nicht gesagt ist, daß der ursächliche Einfluß erst zu dieser Zeit, und nicht schon früher eingewirkt hat.

Die Entstehung der Kieferkompression mit frontalem Engstand stellt sich nach Korkhaus als eine Wachstumshemmung während des Schneidezahnwechsels dar, indem die physiologische Lückenbildung bzw. die Aufweitung der frontalen Kurve während des Durchbruchs ganz oder teilweise unterbleibt, die mittleren Schneidezähne auch die seitlichen Milchschneidezähne zur Resorption bringen, und fast den ganzen verfügbaren Raum bis zum Milcheckzahn für sich beanspruchen, so daß die später durchbrechenden seitlichen Schneidezähne mehr oder weniger aus der Zahnreihe verdrängt werden. Welche komprimierenden Einflüsse zu dieser Zeit anzuschuldigen sind, ist nach Korkhaus noch nicht völlig geklärt, es dürften aber die jahrelang einwirkenden komprimierenden Einflüsse des Flaschensaugens und Lutschens in der Säuglings- und Kleinkinderzeit sein.

Bei seinen Untersuchungen über die Häufigkeit der Kompression und der Unterschiede ihres Grades zwischen linker und rechter Kieferseite fand Korkhaus (46), daß die Fälle, in denen die Kompression auf der linken Seite stärker ausgeprägt war als rechts, ganz bedeutend in der Überzahl waren, und er meint, daß man z. B. an die Mitbeteiligung der Einflüsse der Schlaf-

lage denken könnte, wobei zu erweisen wäre, daß die linke Seitenlage während des Schlafes häufiger eingenommen wird, als die rechte. Nur in einem einzigen Falle einer stärkeren Asymmetrie waren die Gründe für diesen Tatbestand klar, da der betreffende Patient an Caput obstipum litt, und der veränderte Zug der Muskulatur eine hinreichende Erklärung für die Asymmetrie gab.

Die Kieferkompression mit oberer frontaler engstehender oder lückiger Protrusion ist, wie Korkhaus (46) weiter auseinandersetzt, meist schon in zahnlosen Säuglingskiefern durch die Saugwirkung des Flaschensaugens und Daumenlutschens auf der Basis einer rachitischen Knochenweichheit entstanden. Auch hier ist die Kieferkompression das Hauptsächliche, das alle anderen Abweichungen nach sich gezogen hat. Die obere Frontzahngruppe steht nicht im Engstand, obwohl der Abstand der Eckzähne voneinander um mehr als 10 mm verringert sein kann, sondern stellt sich in einem mesialwärts ausgezogenen Bogen auf. Der enge Kontakt, den die Frontzähne bei der engstehenden Protrusion aufweisen, ist ein Zeichen, daß diese Protrusion eine Folge der Kompression ist, daß die Verschmälerung der Oberkieferellipse eine entsprechende Verlängerung bedingt hat. Bei der lückigen Protrusion bestehen dagegen zwischen den oberen Frontzähnen Lücken; diese und andere Merkmale deuten auf einen von innen nach außen wirkenden Druck durch den Schnuller, Lutschfinger oder die Unterlippe. In den ersten Lebensmonaten können bereits alle Merkmale dieses Krankheitsbildes: die Kompression und Protrusion des oberen Alveolarfortsatzes, die Retrusion des Unterkiefers und die Verlängerung der Unterkieferfront bis zum Aufbiß auf den Gaumen vorhanden sein. Diese Deformierungen verstärken sich noch, nachdem die Milchzähne durchgebrochen sind. Durch den Einfluß des Schnullers bzw. Lutschfingers wird die obere Front mesialwärts ausgebogen, und zwar je nach Art der Lutschgewohnheit, die in verschiedenster Weise getätigt werden kann, engstehend oder lückig. Wirkt der Finger mehr in sagittaler Richtung, so überwiegt die letztere, drückt er mehr vertikalwärts, so überwiegt die erste Abweichung.

Das Lutschen ist, wie Korkhaus (47) in einer weiteren Darstellung zeigt, auch die Ursache des offenen Bisses, sowohl der sehr seltenen „echten" Fälle, als auch der übrigen Formen.

Der „echte" offene Biß zeigt eine ausgeprägte Kieferkompression, eine engstehende Protrusion oder einen Engstand in der Oberkieferfront, eine typische Retrusion der unteren Schneidezähne, und schließlich den Distalbiß in sehr ausgeprägtem Maße. Auch hierbei hat die Rachitis durch die abnorme Nachgiebigkeit des Knochens die mechanischen Einwirkungen der ersten Säuglings- und Kleinkinderzeit so begünstigt, daß diese groben Abweichungen entstehen konnten. In den weitaus meisten Fällen ist die Kieferkompression im vorderen Seitenzahnbereich stärker ausgeprägt (anteriore

Kompression), ein Zeichen für die Art der mechanischen Einwirkung, die sowohl die vertikale Aufbiegung, wie die Kompression verschuldete. Verantwortlich ist für beide Abweichungen das Lutschen. Mit der Kieferkompression ist in der Oberkieferfront meist eine engstehende Protrusion oder sogar ein frontaler Engstand verbunden, ein Hinweis auf den besonderen Lutschmodus, der hier zu wirken pflegt. Eine ausgesprochene lückige Protrusion ist anscheinend bei den echten Fällen nicht zu finden. Auch die Richtung der oberen Frontzahnachsen deutet darauf hin, daß der Aufbiegungsdruck fast ausschließlich in vertikaler Richtung gewirkt haben muß, ohne eine Kippung der oberen Frontzahnachsen zu bewirken. Die Abflachung des Unterkieferwinkels ist die Folge des Masseterzuges bei der rachitischen Knochennachgiebigkeit. Ebenso typisch für den echten offenen Biß ist ferner die mit Engstand verbundene Retrusion der unteren Schneidezähne unter dem distalwärts gerichteten Zuge der Zungenbeinmuskulatur an der Spina mentalis. Auch der Druck des Lutschfingers mag in gleicher Richtung mitgewirkt haben, doch prävaliert der Einfluß des Muskelzuges sicherlich, da eine derartige Retrusion der unteren Frontzähne in typischer Ausgestaltung mit scharfem Eckzahnknick bei fast allen Fällen dieser Gruppe angetroffen wurde, in den übrigen Gruppen von offenem Biß jedoch nicht häufiger vorliegt, als etwa in der Hälfte der Fälle.

Zusammenfassend charakterisiert Korkhaus die Genese des echten offenen Bisses folgendermaßen: Der mechanisch aufbiegende Druck des Lutschfingers deformiert die Oberkieferfront in vertikaler Richtung, während die Unterkieferfront wegen der großen Stabilität des Unterkieferkörpers meist nur geringe vertikale Abweichungen zeigt, die Saugwirkung erzeugt durch allseitigen Druck extreme Formen von Kieferkompression, der Zug des Masseters flacht den Unterkieferwinkel ab und bewirkt eine Schrägstellung der unteren Okklusionsebene, ein frontales Klaffen und eine Erhöhung des Untergesichtes, der Zug der Zungenbeinmuskulatur retrudiert die untere Schneidezahngruppe.

Die extremen Fälle des offenen Bisses kommen nur im bleibenden Gebiß vor, im Milchgebiß ist er im Vergleich zu jenen eine harmlosere Anomalie. Sie verdankt ebenfalls dem Lutschen ihre Entstehung, ohne daß jedoch eine besondere Mitwirkung durch die pathologische Nachgiebigkeit des Knochens vorhanden gewesen wäre. Entsprechend der allgemein geübten Lutschgewohnheit ist der offene Biß des Milchgebisses eine verhältnismäßig häufige Anomalie des Kleinkindes, die meist mit der lückigen Protrusion der oberen Frontzähne zusammen vorkommt, ein Zeichen, daß der Lutschfinger hier sowohl in sagittaler als auch in vertikaler Richtung gewirkt hat.

Je nach der Lage des Lutschfingers ist der offene Biß symmetrisch oder asymmetrisch ausgeprägt. Nur selten findet eine Übertragung auf das bleibende Gebiß statt. Meist verliert das Kind mit dem Eintritt in die Schule

die Lutschgewohnheit, und der offene Biß vermag sich in allen Fällen, in denen ein Engstand das Herabsteigen der Zähne nicht verhindert, beim Wechsel der Frontzähne auszugleichen.

Zuweilen wird der offene Biß aber doch auf das bleibende Gebiß übertragen, und zwar besonders ausgeprägt in den Fällen, in denen die Lutschgewohnheit noch in ein höheres Alter hinübergerettet wird.

Die schädigende Wirkung des Flaschensaugens auf die Kieferentwicklung betont auch Birgfeld (6), wobei er in besonderer Weise die mit dem Flaschensaugen verbundene äußere Haltung des Kindes verantwortlich macht. Er sagt: „Bei der Säugung an der Mutter- oder Ammenbrust ruht der Kopf in Seitenlage, der Unterkiefer liegt gestützt auf dem Arm der Mutter und wird beim Saugen kräftig vorgezogen; bei der Flaschenernährung liegt das Kind meist auf dem Rücken, der Unterkiefer mit den schweren Muskeln der Zunge und des Halses sinkt zurück und wird auch noch durch den elastischen Gummilutscher zurückgedrängt, weil die Flasche auf die Brust des Säuglings gelegt wird, so gewöhnt sich der Unterkiefer an die falsche Lage, besonders da auch der Daumen in mancher Stunde noch genau so falsch gelutscht wird wie der Sauger." Dieser ständige Druck bewirkt auf diese Weise allmählich eine Distalstellung des Unterkiefers, die aber verhindert werden kann, wenn die Mutter dem Kinde die Flasche immer in Seitenlage gibt.

Dreyfus (18) beschuldigt ebenfalls das Flaschensaugen als Aetiologie von Kieferdeformitäten. Beim natürlichen Saugvorgang legen sich, wie er ausführt, die Lippen des Kindes auf die Brust um den Warzenring herum, und das Kind saugt die Milch an durch die Luftleere, die es in der Mundhöhle erzeugt, indem es seinem Unterkiefer die doppelte Bewegung des Senkens und Vorschiebens ausführen läßt. Um die Luftleere herzustellen, müssen sich die Lippen hermetisch auf der Mutterbrust schließen, damit jede Verbindung mit der Außenluft ausgeschaltet ist. Die Muskeln, die dabei in Tätigkeit treten, sind die Orbiculares oris, die Oberzungenbeinmuskeln zum Senken der Kinnlade, die äußeren Flügelmuskeln zum Vorschieben derselben, die Backenmuskeln, die inneren Flügelmuskeln, die Schläfenbeinmuskeln usw. zum Heben des Unterkiefers. Die Lippen üben eine kräftigende Gymnastik und erreichen eine Spannkraft, die sie befähigt, dem etwaigen Sichvorschieben der Schneidezähne wie ein Gürtel zu widerstehen. Die Tätigkeit der Oberzungenbein- und der Kaumuskeln fördert die normale Entwicklung des Unterkiefers (und der oberen Gesichtshälfte). Daraus ergibt sich, daß die Zähne in einem normal ausgebildeten Knochen hinreichend Platz finden zur normalen Einreihung; zudem erhält das Kind durch diese Muskelübungen die zum Kauen der Speisen erforderliche Kraft. Anders beim Flaschensaugen. Hier findet keine Betätigung, mithin keine Übung der Lippen statt, was schlaffe, widerstandslose Lippen begünstigt; ungenügende Übung der Oberzungen- und Kaumuskeln, daher verlangsamte

Entwicklung des Unterkiefers; dadurch finden die Zähne nicht genügend Raum, sich nebeneinanderzureihen, sie ordnen sich unregelmäßig neben- und übereinander; durch das Zusammenpressen des Saugers mit der Zunge übt das Kind einen stets erneuten Druck von 500 bis 600 g aus, der Knochenmißbildungen in der Umgebung, und damit Zahnunregelmäßigkeiten hervorrufen kann. Und endlich werden mangels Beanspruchung der Kaumuskeln die obere Gesichtshälfte und die entsprechende Partie des Schädels sowie der Unterkiefer (wo sich diese Muskeln ansetzen) ebenfalls in ihrer Entwicklung gehemmt. Dreyfus empfiehlt deshalb einen selbstkonstruierten Gummisauger („Poupon-Sauger"), der in seiner Form die Mamilla genau nachahmt, und die Wirkungen des Flaschensaugers denen des Stillens an der Mutterbrust gleichmacht.

Unter normalen Verhältnissen wirkt die Kaufunktion auf die Entwicklung des Kieferapparates in günstiger Weise ein.

Liegt aber eine besondere Nachgiebigkeit des Knochens vor, wie z. B. bei der Rachitis, und ist der normale Ablauf der Kautätigkeit insofern verändert, daß der ganze Kaudruck auf einer Zahngruppe liegt, so kann es zu weitgehenden Deformierungen kommen.

Dies zeigt Kantorowicz (41) an der Genese des offenen Bisses: Bei heftiger Frührachitis sind die Milchmolaren bereits hypoplastisch, die Schneidezähne dagegen brechen, da sie im allgemeinen noch vor dem Eintritt der Rachitis fertig gebildet sind, im ganzen intakt durch. Die Milchmolaren gehen deshalb früh verloren, und nun ruht der ganze Kaudruck auf dem Frontzahngebiet, mit dem Erfolg, daß der weiche Oberkiefer sich im Sinne des Kaudruckes deformiert, und zwar in einem solchen Grade, daß die beiden Alveolarfortsätze des Ober- und Unterkiefers in den seitlichen Partien zusammenstoßen. Auch zeigt sich gelegentlich schon im Milchgebiß ein Klaffen der Front. Wenn nun die ersten Molaren durchbrechen, so wird der Kiefer zum ersten Male ausgiebig gesperrt. Doch werden die hypoplastischen Kauflächen dieser Zähne schnell abgekaut, oder noch häufiger gehen diese Zähne an akuter Karies schnell zugrunde, so daß die erste Sperrung bald wieder verschwindet. Die Rachitis ist in diesem Alter längst abgeheilt, der Knochen in der deformierten Stellung also in nach oben geschwungener Kurve verbogen geheilt. Der Unterkiefer hat, wie stets, da er stärkere Kompaktastruktur aufweist, der deformierenden Kraft der Kaudrucke länger widerstanden, darum zeigte sich die Anomalie im wesentlichen im Oberkiefer, ein Umstand, der, wie Kantorowicz betont, von den übrigen Theorien ebensowenig erklärt werden kann, wie die bogenförmige Deformation des oberen Alveolarfortsatzes. Mit dem Durchbruch der Prämolaren wird der Kiefer nun endgültig gesperrt. Sie und die zweiten Molaren fixieren die Bißhöhe, und bestimmen in dem Maße, wie sie durchbrechen, den Grad des offenen Bisses. Es handelt sich also um eine echte Belastungsdeformität.

Pfaff (59) legt überzeugend dar, daß der Grund, weswegen der Oberkiefer viel weniger widerstandsfähig ist als der Unterkiefer, darin liegt, daß der Oberkiefer vom Os intermaxillare unterbrochen wird und den Wachstumseinflüssen der Schädelbasis unterworfen ist, während der Unterkiefer als geschlossenes Ganzes weit stärker sei als der Oberkiefer; beansprucht nun irgendeine Funktion beide Kiefer gleichmäßig, dann muß die Veränderung zuerst im Oberkiefer auftreten. Eine solche Funktion ist aber der Kauakt. Da nun die Milchschneidezähne zuerst durchbrechen, so wird die Frontzahnpartie zuerst beansprucht. Dabei gibt der Oberkiefer dieser Beanspruchung und Belastung nach, und biegt sich; es resultiert der offene Biß, der unter diesen Umständen, nach Reichenbach (61), bereits im Milchgebiß auftreten kann, zu einer Zeit, da nur die Milchschneidezähne im Kiefer stehen (zehnter bis sechzehnter Monat). Auch Sulke (81) schließt sich dieser Ansicht an.

Kantorowicz und Korkhaus (43) führen das Auftreten des offenen Bisses im Milchgebiß auf den Druck des Schnullers oder Daumens zurück; die Zeitdauer, die der Kaudruck lediglich auf den Milchschneidezähnen lastet, scheint ihnen zu kurz und die Intensität der in diesem Alter angewandten Kaukräfte noch verhältnismäßig gering, als daß dadurch ausgeprägte Verbiegungen, die sich nach dem Durchbruch der Milchmolaren nicht selbst wieder ausgleichen, entstehen können. Immerhin verneinen sie die Möglichkeit einer derartigen Kaudruckbelastung, die zu einem offenen Biß bereits im Milchgebiß führt, nicht ganz.

Eine weitere Deformierung durch die Kaumuskulatur ist eine Abstumpfung des Unterkieferwinkels. Schon vor Jahrzehnten hat Schmidt (68) auf dieses rachitische Merkmal aufmerksam gemacht und gezeigt, wie der Masseterzug den Unterkieferwinkel abflacht, da der Unterkiefer sowohl im Gelenk wie in den Zahnreihen abgestützt ist.

Lind (49) erklärt die Entstehung des stumpfen Unterkieferwinkels folgendermaßen: „Wenn ein Kind seine Nahrung nicht genügend kaut — und ein Kind, das durch den Mund atmet, kaut sein Essen minder gut; denn zu gleicher Zeit das Essen zu zermahlen und durch den Mund atmen, ist sehr schwierig —, werden die Kaumuskeln sich nicht genügend entwickeln wie bei normalem Gebrauch, und dies wird zur Folge haben, daß der Unterkiefer sich nicht in der Zone, wo diese Muskeln dem Knochen den trophischen Reiz geben, im selben Verhältnis entwickeln kann, wie an den Stellen, wo die funktionelle Wirkung der gut entwickelten Muskeln stattfindet. Da die Kaumuskeln (Masseter und Pterygoideus int.) gerade da inserieren, wo in normalem Falle die größten Veränderungen des Unterkiefers stattfinden, nämlich am hinteren Ende der Basis Mandibulae, in der Nähe vom Angulus, ist es deutlich, daß wir eine unharmonische Entwicklung des Unterkiefers bekommen, da die Zungenbeinmuskeln (M. mylohyoideus und geniohyoideus),

welche am vorderen Teile des Unterkiefers inserieren, normal entwickelt sind, und darum den genügenden funktionellen Reiz ausüben."

Aber nicht nur der stumpfe Unterkieferwinkel, sondern der ganze rachitische Kiefer läßt sich entwicklungsmechanisch erklären, wie dies B. Schroeder (69) ausführlich dargetan hat, nachdem für die Rachitis der langen Röhrenknochen und auch der platten Knochen des Skeletts es seit langem sichergestellt war, daß die Deformationen hauptsächlich durch die Körperbelastung und Muskelkraft erfolgen. Zwar war auch für die Kieferrachitis diese Ätiologie schon frühzeitig erkannt (Schroeder zitiert die Arbeiten von Fleischmann aus den Jahren 1877 und 1878, Baginsky aus dem Jahre 1882, H. Schmidt aus dem Jahre 1880), doch sind diese Anschauungen nur theoretisch gewonnen und weisen verschiedene Widersprüche auf, während Schroeder die Frage experimentell und speziell vom Gesichtspunkt der Entwicklungsmechanik aus untersucht hat. Er führt aus:

„Ganz allgemein betrachtet, ist bei der Einwirkung äußerer Kräfte den unterliegenden Formveränderungen außer einer sofort eintretenden elastischen Verschiebung die elastische Nachwirkung und die bleibende Änderung zu unterscheiden. Letztere treten im menschlichen Organismus auf, wenn die Widerstandsfähigkeit des von einer äußeren Kraft betroffenen Gewebes durch pathologische Veränderungen herabgesetzt ist, wie es beim rachitischen Knochen der Fall ist. Für den Knochen gilt selbstverständlich auch das Rouxsche Gesetz der funktionellen Anpassung, d. h. der gestaltenden Wirkung des funktionellen Reizes; außer der Schwerkraft und der Spannung der Bänder sind es ganz besonders die Muskelkräfte, die in Beziehung zum Bau des Knochens stehen. Unter dem Einfluß der Kräfte erfolgt Anbildung festen, in entgegengesetztem Sinne wirkenden Knochengewebes. Da es sich aber bei der Rachitis um ein pathologisch verändertes Gewebe handelt, so führt der Erweichungsprozeß schon bei geringen Funktionen unter dem Einfluß der Muskulatur zu Verunstaltungen. Diese Verbiegungen sind rein mechanisch."

In eingehender Analyse der Muskelwirkungen auf den rachitischen Kiefer kommt Schroeder zu folgenden Ergebnissen:

Für den Oberkiefer:

A. Der vorgeschobene Frontzahnteil des rachitischen Oberkiefers wird hervorgebracht durch:
   1. den Seitendruck der Masseterkomponente,
   2. die mimische Muskulatur (Mm. nasales und canini).

B. Die Verengerung des rachitischen Oberkiefers im Gebiete der Prämolaren wird erzeugt durch:
   1. die mimische Muskulatur,
   2. das Vorwandern der Frontzähne,
   3. den Einfluß des Buccinators.

C. Die Verengerung des rachitischen Oberkiefers im Gebiete der Molaren ist zurückzuführen auf den
Seitendruck der Masseterkomponente.
D. Die Auswärtsneigung des Alveolarfortsatzes im Bereiche der Molaren ist eine Folge:
1. der Mahlbewegung,
2. der Anpassung an den difformierten Unterkiefer.

Für den Unterkiefer:

A. Abflachung im Gebiete der Frontzähne durch den Einfluß:
1. des M. genioglossus,
2. des M. geniohyoideus,
3. des M. digastricus,
4. des M. mylohyoideus (vorderes Drittel).
B. Neigung des Alveolarfortsatzes im Bereich der Prämolaren und Molaren durch das mittlere und hintere Drittel des M. mylohyoideus und den M. pterygoideus externus.

Schroeder hat mit seinen Untersuchungen gezeigt, daß man die Muskelwirkung als einzig mögliche und wirkliche Ursache der Deformationen bei Rachitis annehmen kann, denn die wirklich vorhandene Umformung des pathologisch veränderten Knochens deckt sich mit der difformierenden Wirkung, die Schroeder experimentell erzielen konnte. Er schließt mit folgenden Worten:

„Für das Zustandekommen der Deformationen der rachitischen Kiefer bestehen, wie für jedes Geschehnis, zwei Komponenten: einerseits die determinierende Ursache in Gestalt der auf den Knochen einwirkenden Muskelkräfte, andererseits die realisierende Ursache, die ungenügende Festigkeit Verkalkung als pathologischer Zustand des Knochengewebes, als ein zuletzt hinzukommender, den Eintritt der Deformationen bestimmender Faktor. Diese Faktoren zusammengenommen, stellen die Ursache der Deformationen dar. Im Sinne der Lehre von der Entwicklungsmechanik von W. Roux ist hiermit ein kausaler Zusammenhang von funktionellen Gestaltungen dargelegt, und es sind die organischen Gestaltungsvorgänge auf die Wirkungsweisen zurückgeführt, also ein mechanistisches, d. h. der Kausalität unterstehendes Geschehen. Damit wäre eine entwicklungsmechanische Erklärung des rachitischen Kiefers gegeben."

In einer zweiten Arbeit beschäftigt sich B. Schroeder (70) mit demselben Thema, wobei er auch besonders auf die Ätiologie des offenen Bisses eingeht. Er bespricht zunächst die Entwicklung des Unterkiefers im allgemeinen, indem er sagt:

Die Form des Kiefers wird bedingt, außer der ererbten Anlage, durch den funktionellen Reiz. Es ist ohne weiteres klar, daß dann am Angulus, dem Insertionspunkte wichtiger Muskelgruppen, sich normalerweise große Ver-

änderungen abspielen müssen. In der ererbten Anlage ist der Unterkiefer ein ursprünglich gerader Knochenbalken, welcher erst durch die beginnende Funktion der Muskeln an der Ansatzstelle der Kaumuskulatur eine Knickung erleidet. Die Funktion dieser Muskeln (Masseter und Pterygoideus internus) bewirkt eine trophische Erregung knochenbildender Elemente, und damit eine physiologische Hypertrophie der Ansatzstelle. Es erfolgt also bei der Bildung des Kieferwinkels eine Apposition von Knochensubstanz, die schon frühzeitig auftritt, da häufig schon beim Neugeborenen die Tuberositas am Kieferwinkel erkennbar ist. Ein weiterer Umstand, der für die funktionelle Ausbildung des Kiefers spricht, ist die Vergrößerung des Winkels bei alten und zahnlosen Kiefern als Inaktivitätsatrophie infolge Zahnverlustes. Sie bleibt aber aus, so wie im höheren Alter die volle Kaufähigkeit, sei es auch durch Zahnersatz, dauernd erhalten bleibt. Verändert wird der Unterkieferwinkel ebenfalls im Sinne einer Vergrößerung bei Mundatmung; auch hier ist die Kaumuskulatur gering entwickelt. Dagegen ist bei den Antropomorphen, wo die Kaufunktion stark in den Vordergrund tritt, der Kieferwinkel nahezu ein rechter. Beim Weib ist der Kieferwinkel größer als beim Mann, entsprechend der im allgemeinen weniger kräftig entwickelten Kaumuskulatur. Je kräftiger die Kaumuskulatur entwickelt ist, um so mehr verringert sich also die Größe des Kieferwinkels. Bleibt daher eine vollkommene Ausbildung des Angulus aus, so kann dies nur eine Folge der Aufhebung bzw. Verminderung des funktionellen Reizes sein, d. h. es kann sich nur um einen mangelhaften Gebrauch oder schwache Entwicklung der Kaumuskulatur handeln. Da es sich um eine Wachstumshemmung handelt, so muß die schädigende Ursache schon frühzeitig eingewirkt haben. Das Wachstum der Kiefer geht zur Zeit des Zahndurchbruches, also innerhalb der beiden ersten Lebensjahre, am lebhaftesten vor sich; es kommt also eine Wachstumsstörung hauptsächlich in dieser Zeit in Frage. Bei der Rachitis ist auch die Muskulatur ungenügend entwickelt und zeigt einen mangelhaften Tonus. Beim Kiefer kommt es infolgedessen zu einer Herabminderung des funktionellen Reizes. Der Kiefer wird auf einer Entwicklungsstufe stehen bleiben, und der Kieferwinkel sich nicht verkleinern.

Damit ist nach Schroeder der stumpfe Unterkieferwinkel beim offenen Biß erklärlich, im Gegensatz zu Kantorowicz, der den Kaudruck anschuldigt; denn zur Zeit, wo die Rachitis am hochgradigsten entwickelt ist, ist, nach Schroeder, der Kieferwinkel noch stumpf, so daß eine abflachende Wirkung durch die Kaumuskulatur nicht in Frage kommen könne. Auch Pfaff und Linde hätten bei allen Patienten mit offenem Biß stets eine schwach entwickelte Kaumuskulatur gefunden.

Wenn dann später der Alveolarfortsatz im Bereiche der allein artikulierenden Zähne, meist lediglich der Molaren, hypertrophisch wird, so ist dies, nach Schroeder, eine Anpassung an die funktionelle Überbelastung. Umgekehrt sei die Unterentwicklung im Frontzahngebiet begründet. Die man-

gelnde Funktion der Schneidezähne werde durch die Persistenz der drei Zacken an der Schneidekante dokumentiert, sowie durch den häufig reichlichen Zahnsteinansatz an den Labial- und Lingualflächen der unteren Schneidezähne, einem bei Kindern besonders auffallenden Symptom.

Vom Standpunkt der Entwicklungsmechanik aus finden sich, nach Schroeder, für das Zustandekommen des offenen Bisses zwei Komponenten:

1. Die spezifische Ursache ist der Entwicklungsgang des Unterkiefers in der allmählichen Ausbildung seiner strukturellen Einzelheiten, wie des Kieferwinkels.

2. Die indifferente, den Eintritt bestimmende Ursache ist die Hemmung der Entwicklung durch den Ausfall des funktionellen Reizes der Kaumuskulatur; diese Hypotonie der Muskulatur ist eine Folgeerscheinung der Rachitis.

Von amerikanischer Seite hat man, wie Kantorowicz und Korkhaus (43) bemerken, schon immer auf üble Gewohnheiten der Kinder beim Essen aufmerksam gemacht: manche Kinder essen träge, und betätigen ihre Kaumuskulatur nicht in der Weise, wie dies zu einer normalen Kieferentwicklung notwendig ist. Ebenso hat Tryfus (84) Kieferkontraktionen im frühen Lebensalter sich entwickeln sehen infolge „neuropathischer Kauträgheit", einer Gewohnheit, die bei Kindern in den ersten Lebensjahren gar nicht selten sei. Diese Kinder lassen beim Essen die Kaumuskeln nicht in Aktion treten, den Wangen-, und vor allem den Zungendruck nicht wirksam werden, sondern der Bissen wird von ihnen bei zusammengepreßten Lippen oft stundenlang im Mund verhalten; dabei sind die Lippen geschlossen, die Mundhöhle steht unter negativem Druck, und die Buccinatoren sind den Fazialflächen der Zähne angelehnt; der Gegendruck der Zunge ist ausgeschaltet, und die innere Saug- und äußere Druckwirkung pressen die Alveolarfortsätze zusammen, so daß der Unterkiefer am Frontalwachsen gehindert wird. Der das Höhenwachstum auslösende mechanische Reiz des Kauens fehlt. Tryfus bemerkt dazu: „Die geradezu verheerende Wirkung dieser Funktionsanomalie wird uns klar im Hinblick auf die ontogenetischen Beziehungen. Diese Funktionsstörung fällt in die Zeit des am intensivsten einsetzenden frontalen und sagittalen Wachstums. Nun fehlen nicht allein jene Kräfte, die dieses Wachstum bedingen und fördern, vielmehr sind die angeführten transversalen Kraftkomponenten im Sinne einer Kontraktion am Werke, einwirkend auf junges, nachgiebiges Knochenmaterial, das mit großer Wachstumsenergie beladen ist. Es wird also durch diese Momente die Falschleistung in ihrer Wirkung potenziert. Es muß somit einleuchtend sein, daß die gestörte Funktionsökonomie — sei es die Hypofunktion des mangelnden Normalkauens, sei es die als Mißbrauch in die Erscheinung tretende Dysfunktion der Zunge — ätiologisch und genetisch Stellungsanomalien der Zähne und Verbildungen der Kiefer mitverschulden können."

Des ferneren erörtert Tryfus (84) als Störungen in der Kieferentwicklung verursachend die abnormen Gewohnheiten des Knirschens und Pressens mit den Zähnen im Schlaf, und er erklärt „diese ins Pathologische reichende Abart des physiologischen Gebrauchens des Kauapparates" als „mit die potenteste Quelle für die Entstehung von vielen Kieferdeformitäten und ihren Folgezuständen." Dieser Abusus der Mundorgane hat nach Tryfus folgenden Verlauf: Der Unterkiefer wird im Schlaf nach vorn abwärts gesenkt bis zur Schneidekante der Frontzähne und gegen diese gepreßt; dann wird er unter Druck in reibenden und rotierenden Bewegungen gegen die Lingualflächen der Zähne gezogen. Es kann dabei diese Mißfunktion in einzelnen Phasen beharrlich wirken, also etwa als Preßdruck auf einzelnen Zähnen in Erscheinung treten, oder wiederkehrend Zahngruppen bzw. die Gesamtzahnreihen treffen. Die Folge dieses abnorm-physiologischen Kräfteeinsatzes ist zunächst eine statische bzw. mechanisch bedingte Formveränderung an den Kiefern und durch sie erzeugte Stellungsabweichungen der Zähne. Durch den übermäßigen Gebrauch der motorischen Muskulatur hypertrophiert sie, während die mimische Muskulatur in ihrer Antipodeneigenschaft erschlafft. Der über große Zeitabschnitte unablässig auf den Alveolarfortsätzen lastende Druck löst allmählich bei diesem eine Atrophie aus, und die Gelenke erleiden Veränderungen, wodurch wiederum die Bewegungsexkursionen an Ausmaß gewinnen. So entsteht ein Circulus vitiosus von stetig sich steigerndem Umfang. Die Kraft wird immer größer und entlädt sich auf größere Flächen.

Kantorowicz lehnt die Einwirkung der umgebenden Weichteile der Mundhöhle auf Kieferdeformationen ab; M. Schwarz (72) hat jedoch gezeigt, daß dies bei gewissen Kopflagen doch der Fall ist. Er führt in dieser Hinsicht aus:

In der Rückenlage bedingt eine Dorsalhaltung des Kopfes eine Distalverschiebung und Entfernung, in der Ventralhaltung eine Mesialverschiebung und Annäherung des Unterkiefers an den Oberkiefer. Die physiologische Ruhelage bei Ventralhaltung müßte also auch dem Verhalten der tiefen Weichteile zufolge gegenüber der mittleren Kopfhaltung im Sinne einer Mesialverlagerung des Unterkiefers und Annäherung der Zahnreihen abgeändert werden. Den Spannungskräften der tiefen Halsweichteile zufolge sollte der Unterkiefer bei Dorsalhaltung des Kopfes in seiner physiologischen Ruhelage gegenüber der Mittelhaltung ebenfalls wieder nach distal, also im Sinne der Klasse II von Angle verlagert und die Zahnreihen zugleich voneinander abgehoben sein. Die Schwankungen des im Mundinnern herrschenden Druckes infolge verschiedener Haltung des Kopfes sind den durch veränderte Respirationsverhältnisse bedingten Luftdruckschwankungen in ihrer Wirkung auf die Form der Kiefer sicher weit überlegen. Die Dorsalhaltung des Kopfes ist also diejenige Lage, bei welcher der Mund dank der Eigenspannung der Weichteile amuskulär offen gehalten wird. Es wird demnach ein Kind, das mit Atembeschwerden zu kämpfen hat, reflektorisch wohl Dorsalhaltung einnehmen, um sich bei geringer Muskeltätigkeit die günstig-

sten Verhältnisse zu schaffen, und dazu gehören das amuskuläre Offenhalten der Mundspalte und das amuskuläre Offenhalten des Rachens. Bei Gewohnheits- und zwangsmäßig bevorzugter Kopfhaltung muß es also zu einer dauernden Beeinflussung der Kiefer kommen, insbesondere dann, wenn die Artikulation keine scharfe ist. Diese scharfe Artikulation, also die Führung seitens der Zahnreihen, fehlt bei Kindern erstens in der Zeit, wo die Zähne überhaupt noch nicht vorhanden sind, zweitens im fünften bis sechsten Lebensjahre, da die Milchgebisse oft bis zur Schlittenartikulation abgekaut sind. Auch zu dem sog. Knirschen steht die Kopfhaltung in enger Beziehung. Der Reflex tritt um so leichter ein, je näher die Zahnreihen aneinander stehen. Ventralhaltung prädestiniert also zum Knirschen. Schwarz hat seine Ausführungen auch durch experimentelle Versuche gestützt.

Diese Arbeit von Schwarz ist nach Wustrow (106) ein weiterer Beleg für die große Einwirkung der Gesichtsmuskulatur auf die Gestaltung des Gesichts- und des Kieferskeletts, indem gezeigt wird, welche weitreichenden Einwirkungen eine über lange Zeitspannen hin geübte Kopfhaltung infolge der dadurch bedingten Spannungsverhältnisse in der Gesichtsmuskulatur auf die Form der Gesichtsknochen, speziell der Kiefer haben muß. Da nun zu längerer Einwirkung besonders Schlafgewohnheiten geeignet erscheinen müssen — denn sie wirken im Gegensatz zu Tageshaltungen in einer gewissen Stetigkeit längere Zeit hindurch —, so mißt ihnen Schwarz im Gegensatz zu Kantorowicz und Korkhaus auch eine besondere Bedeutung zu.

Stallard (76) hat eine anormale Lage während des Schlafens für das Zustandekommen verschiedener Anomalien, besonders des Kreuzbisses und des spitzbogenförmigen Kiefers, angeschuldigt. Er führt aus: Die Gewohnheit, auf der Hand oder auf einem Arme zu schlafen, beginnt schon mit früher Kindheit (drittes Lebensjahr), und zwar meist auf Grund einer Krankheit, während der der Patient beim Schlafen den Kopf möglichst ruhig halten will, und ihn mit der Hand abstützt. Diese Gewohnheit wird dann beibehalten und führt dazu, daß die betreffende Oberkieferseite, vor allem die in Durchbruch befindlichen Zähne, nach innen gedrückt werden. Ist der Patient gewohnt, nur auf einer Seite zu schlafen, so entsteht ein Kreuzbiß, bei bilateraler Belastung dagegen eine beiderseitige Kompression, d. h. ein spitzbogenförmiger Kiefer. Durch die Wirkung der Kaumuskeln auf die Kiefer wird die weitere Entwicklung bzw. die Verschlimmerung einer einmal vorhandenen Deformation verständlich.

Über die Mundatmung äußert sich Herbst (31) mit folgenden Worten:

„Bei geschlossenem Mund soll der Mensch ungehindert durch die Nase atmen können, der Unterkiefer liegt dabei am Oberkiefer festgesogen und hängt dort wie ein Gummisauger an einer Scheibe, ohne eine Muskelanstrengung zu beanspruchen. Ist nun das Kind infolge geschwollener Mandeln gezwungen, die Mundatmung zu Hilfe zu nehmen, so ändert sich dieses Bild ganz wesentlich, der Unterkiefer senkt sich, die Zähne berühren sich nicht

mehr, die Zunge verläßt ihren Platz am Gaumen und legt sich an die untere Zahnreihe, die obere Zahnreihe verliert dadurch die innere Stütze, die Lippenwinkel nähern sich und drücken auf die Zahnreihe von außen, und die Zähne, welche in der besten Absicht, sich normal aufzustellen, aus dem Kiefer hervorbrechen, finden jetzt keine normalen Stützen in der Mundhöhle, und sind daher nicht in der Lage, sich in einem gleichmäßigen Bogen aufzustellen. Kiefer und Zahnstellung erhalten jetzt eine abnorme Form, infolge der behinderten Nasenatmung entwickelt sich also anomale Zahnstellung, und zwar jedesmal eine seitliche Verengung im Oberkiefer. Dieser erscheint seitlich zusammengedrückt, die oberen Schneidezähne treten meist nach vorn, und wir erhalten die sog. Raffzähne oder den Spitzbogen.

Ist nun aber die Mundatmung sehr stark behindert, d. h. verlegen die Gaumenmandeln durch andauernde Schwellung den Eingang zur Luftröhre, so entsteht folgende Zwangslage: Das Kind will den Eingang zum Schlund vergrößern, schiebt deswegen den Unterkiefer vor, und die unteren Zähne stellen sich während des Durchbruches vor die oberen, es entsteht ein Bulldoggengebiß, der vorstehende Unterkiefer."

Eingehende Untersuchungen über den Einfluß der Atmung auf die Kieferverhältnisse hat 1916 Kantorowicz (40) angestellt. Er führt aus:

Im allgemeinen atmet der gesunde Mensch durch die Nase. Bei der Einatmung streicht ein Luftstrom von außen nach innen, und umgekehrt bei der Exspiration von innen nach außen. Auch der Gesunde öffnet aber, wenn sein Luftbedürfnis steigt, den Mund, z. B. beim schnellen Laufen, bei schwerer Arbeit. Daraus folgt, daß die Mundatmung, was ja schon aus dem Größenverhältnis der Mund- und Nasenöffnung hervorgeht, mehr Luft in der gleichen Zeit fördern kann, als die Nasenatmung. Die Mundatmung ist also keine erschwerte Atmung, sondern eine, im Gegenteil erleichterte, und Kantorowicz kommt in eingehenden Untersuchungen über diese Verhältnisse zu folgenden Ergebnissen:

1. Die bisherigen Theorien sind nicht imstande, die Deformierung des Oberkiefers zu erklären.
2. Abzulehnen ist die Annahme,
   a) daß bei ruhender Nasenatmung (Adenoide) ein positiver Druck in der Nase herrsche;
   b) daß bei Nasenatmung ein negativer Druck in ihr herrsche;
   c) daß der Inspirationsstrom der Mundhöhle den Gaumen hebe;
   d) daß die vom Luftdruck getragene Zunge den Unterkiefer ausdehne;
   e) daß bei gewöhnlicher Mundatmung der Mund soweit geöffnet sei, daß eine erhebliche Spannung der Wangen auftrete;
   f) daß eine mäßige Wangenspannung einen lingual gerichteten Druck auf den Alveolarfortsatz ausübe;

g) daß bei gewöhnlicher Mundatmung die Zungenbeinmuskulatur angespannt sei und den Unterkiefer am Längenwachstum hindere und zurückziehe.

Im zweiten Teil dieser Arbeit setzt Kantorowicz auseinander, daß die normale ererbte Kieferform einer Erklärung nicht bedürftig bzw. nicht zugängig ist, daß dagegen jede erworbene Abweichung von dieser Form durch eine in der Abweichungsrichtung wirkende, neuauftretende Kraft erklärt werden müsse.

Er zerlegt die auf den Kiefer wirkenden äußeren Kräfte in transversale, sagittale und vertikale, die sich klinisch äußern als 1. Kompression — Expansion, 2. Protrusion — Retrusion, 3. Belastung — Entlastung, und zeigt, daß jegliche Deformität der Kiefer auf eine oder mehrere dieser Druckwirkungen zurückgeführt werden kann.

Des weiteren führt Kantorowicz aus, wie diese Kräfte bei der Atmung sich auswirken, und kommt dabei zu folgenden Schlußsätzen:

1. Bei jedem Respirationshindernis in der Nase entsteht auch ohne eigentliche Mundatmung ein erhöhter negativer Druck bei der Inspiration in der Mundhöhle.
2. Bei der Exspiration übersteigt der Druck in der Mundhöhle jedoch nicht den zur Hebung des Lippenventils nötigen Druck. Dieser ist abhängig vom Gewicht der Lippen, ist also sehr gering, und gemessen (beim Erwachsenen) etwa 30 mm H_2O, während ein mäßiges Respirationshindernis Drucke von 100 bis 200 H_2O mm erzeugen kann.
3. Die richtige Mundatmung ist keine erschwerte Atmung, jedoch tritt leicht in der Nacht hierbei durch Ansaugung der Lippen ein Ventilverschluß auf. Bei dem eigentlichen Schnarchen liegt das Hindernis hinter dem knöchernen Gaumen, weshalb dieser während des Schlafstadiums auch nicht verengt werden kann.
4. Bei erhöhtem negativen Druck findet eine allseitige Kompression des Kiefers statt. Der Ausdruck kontrahierter Kiefer ist irreführend und durch kompromierte Kiefer zu ersetzen.
5. Obwohl auf den Frontzähnen der gleiche komprimierende Druck ruht, im Sinne einer Retrusion wie auf den Seitenzähnen, werden sie doch protrudiert wegen der Ellipsennatur der Kiefer.
6. Die untere Front wird im allgemeinen nicht protrudiert, weil die Protrusion eine Funktion der seitlichen Kompression ist, und diese im Unterkiefer wegen seiner stärkeren Kompaktastruktur ausbleibt.
7. Der auf den Frontzähnen lastende Retrusionsdruck tritt sofort in Erscheinung, wenn das Gewölbe, und damit die Druckübertragung durch Zahnentfernungen gestört ist. Dann schließt sich die Reihe mit dem Erfolg, daß später durchbrechende Zähne palatinal oder labial verdrängt werden. Entstehung des Ω-Kiefers sowie der palatinalen Verdrängung der Eckzähne.

8. Die Distalverschiebung des Unterkiefers erklärt sich durch die Retrusion auf den Gewölbescheitel, das sind die Frontzähne, die z. B. bei Unterbrechung der Zahnreihenkontinuität erkannt werden kann.

Damit ist, wie Kantorowicz (43) später schreibt, eine neue Theorie über die Genese der Kieferdeformationen aufgestellt, die er zusammenfassend folgendermaßen darstellt:

Bei dem größten Prozentsatz der Fälle liegt die Ursache der gestörten Nasenatmung in adenoiden Vegetationen, die, meist kombinierend mit einer Hypertrophie des ganzen lymphatischen Rachenringes, das Kind während des Kieferwachstums befallen, allmählich in dem Maße, wie sie sich vergrößern, immer mehr die normale Atmung stören und schließlich zur Mundatmung führen. Die Mundatmung selbst kann jedoch nicht deformierend wirken, da hier dieselben Luftdruckverhältnisse in der Mundhöhle bestehen, wie bei der normalen Nasenatmung, nämlich bei der Inspiration ein negativer, bei der Exspiration ein gleich großer positiver Luftdruck. (Damit stimmt auch der interessante Befund überein, daß sich bei Kindern mit angeborenem Choanalverschluß, die also nur durch den Mund atmen können, keine Oberkieferkompression zeigt.) Deformierend wirkt also nicht die Mundatmung, sondern die erschwerte Nasenatmung. Zur Überwindung der Enge im Nasen-Rachenraum muß während der Inspiration ein erhöhter negativer Druck aufgewandt werden, bei der Exspiration benutzt dagegen das Kind den bequemeren Weg durch den Mund, da das einseitig wirkende Lippenventil dem Luftstrome in dieser Richtung nur einen sehr geringen Widerstand entgegensetzt. Der Exspirationsdruck ist also in keiner Weise erhöht, und wirkt zudem, dank der Interstitien der Zähne, auf beiden Seiten des Alveolarfortsatzes, so daß der erhöhte inspiratorische Luftstrom vollkommen unkompensiert bleibt und bei jeder Inspirationsphase Wangen und Lippen dem Kieferapparat allseitig angepreßt werden. Dies geschieht monate- und jahrelang während der ganzen Zeit, wo die Nasenatmung nicht ganz verhindert, sondern nur mehr oder weniger erschwert ist; es resultiert eine Umgestaltung der Form beim Oberkiefer sowohl wie beim Unterkiefer und eine Veränderung der Okklusionsverhältnisse der Kiefer zueinander. Nämlich:

Die allseitige Kompression deformiert den elliptischen Oberkiefer im Sinne einer Kompression der Seitenteile, und ebenso wie eine Ellipse auf allseitige Belastung nicht allein schmäler, sondern auch länger wird, kommt es durch Fortleistung des seitlichen Druckes auf die Frontzähne zu einer frontalen Protrusion. Es ergibt sich dabei von selbst, daß alle Zähne zur Druckübertragung vorhanden sein müssen, und die durch die Kompression bedingte Protrusion gekennzeichnet ist durch eng aneinandergedrängte Frontzähne (im Gegensatz zu der lückigen Lutschprotrusion). Wirken sich die Folgen der erschwerten Nasenatmung während des Zahnwechsels aus, und

wird ein Milchzahn vorzeitig entfernt, so fehlt ein zur Druckübertragung notwendiger Zahn im Gewölbe; es kommt in diesem Falle nicht zur Frontprotrusion, sondern zu einem Lückenschluß, einmal von hinten durch die seitliche Kompression, dann von vorn, weil sich nun die frontale Komponente des allseitig komprimierenden Luftdruckes ungehemmt durch die sonst größere Seitenkomponente, im Sinne einer Retrusion auswirken kann. Der häufige Eckzahnhochstand ist vielfach auf diese Vorgänge zurückzuführen.

Der Unterkiefer ist infolge seiner wesentlich festeren Kompaktastruktur äußeren Einflüssen gegenüber widerstandsfähiger. Allenfalls kommt es zu einer coronalen Kompression der Seitenzähne, ohne daß das Corpus mandibulae und der Alveolarfortsatz mitfolgt. Infolgedessen bleibt auch die Protrusion aus. Zur Auswirkung kommt nur der frontale Retrusionsdruck, der allmählich eine sagittale Rückwärtsverlagerung bedingt, so daß die durchbrechenden Sechsjahrmolaren aus dem Höckerbiß in den Distalbiß gleiten können. Ob diese Distalverschiebung zustande kommt durch eine Hemmung des Unterkieferlängenwachstums oder durch Verbiegung der Gelenkköpfchen oder durch Aufrichtung des Unterkieferwinkels, ist nach Kantorowicz (43) noch unentschieden.

Ein weiteres Moment abnormer Funktionen ist der „Kampf der Teile um den Platz".

Der Zwischenkiefer ist der Lieblingssitz der Stellungsanomalien der Zähne. Hervorgegangen aus dem „Kampf um den Platz", wie Pecker (58) sagt. Herbst (35) bemerkt dazu, daß man sich vorstellen kann, daß in der Mitte des Gesichts der Kampf um den Platz sich am deutlichsten abspielt, und daß eine gesunde Blutzufuhr dazu gehört, um aus diesem Kampfe siegreich hervorzugehen, und er entwickelt seine Ansicht dahin, daß er in dem Zwischenkiefer einen Körperteil erkennt, der bei normaler Blutzufuhr sehr wohl in der Lage ist, die Verbreiterung, die durch die bleibenden Zähne beansprucht wird, durchzuführen, daß er aber bei schlechter Blutzufuhr, wie dies besonders bei lymphatischen Kindern der Fall ist, nicht genügend durch die Ernährung gestützt wird, seine Aufgabe zu erfüllen, und daß dann die Verwachsung der Oberkieferbeine in der Sutura palatina früher vor sich geht, als bei normaler Blutzufuhr. Es ist bekannt, daß solche lymphatischen Kinder meist auch schlechte Nasenatmer sind, und so werde dies Organ mehr oder weniger veröden. Auch sei die Blutzufuhr infolge der Nichtinanspruchnahme dieses Organs weit geringer. Es tritt eine Hypotrophie des Nasofrontalfortsatzes, und mit ihm die bekannte Angina der Maxillen ein (Atresia oder Angina Maxillaris). Die Folge von der frühzeitigen Vereinigung der Sutura palatina und damit das Näheraneinanderrücken der Oberkieferbeine ist dann die Oberkieferenge, so daß der Platz für die durchbrechenden Zwischenkieferzähne nur in beschränktem Maße zur Verfügung steht. Wollen diese Zähne nun ihren Platz im Zahnbogen einnehmen, so

werden sie allerdings behindert, so daß demnach die schlechte Zahnstellung wieder sekundär die Folge der Enge ist. „Die Ursache ist also die Unterernährung des Zwischenkieferknochens, die Folge davon das Näherrücken der Oberkieferbeine, und davon wieder die Folge die Unmöglichkeit für die Schneidezähne, sich in normalem Bogen aufzustellen."

Sind anstatt der normalen Okklusion bei normalen Verhältnissen die Zähne der Maxillen einander genähert, so kann sich keine positiv richtige, sondern nur eine relativ gute Zahnstellung bilden, d. h. es kann nur ein Gebiß entstehen, das nach Möglichkeit den vorhandenen Verhältnissen Rechnung trägt, so daß die Unterkieferzähne gezwungen sind, entweder auch einen zu schmalen Zahnbogen zu beschreiben wie im Oberkiefer (Anomalie der Klasse I, neutrale Okklusion), oder aber, daß der ganze untere Zahnbogen sich distal einstellt, wodurch es seinen Zähnen zwar ermöglicht wird, eine relativ brauchbare Okklusion herbeizuführen, doch um eine Zahnbreite zu weit nach hinten (Anomalien der Klasse II, Retrogenie). Bei der Klasse III (Progenie) ist festgestellt, daß in über neunzig Prozent der Fälle der Zwischenkiefer sich zu weit guttural entwickelt hat, daß also keine eigentliche Progenie vorliegt, sondern vielmehr eine prämaxillare Retrognathie (für die fehlenden zehn Prozent ist eine Erklärung z. T. darin gefunden, daß Kinder, die an geschwollenen Gaumenmandeln leiden, sich durch Vorschieben des Unterkiefers die Luftpassage erleichtern, und aus dieser Gewohnheit heraus eine Progenie erhalten; auch können Unfälle irgendwelcher Art, wie Exartikulation des Kiefergelenkes u. U., eine Progenie hervorrufen). Für die Laterogenie kommen dieselben Gründe wie bei Klasse II und III in Frage, nur daß die Anomalie auf der einen Seite stark in die Erscheinung tritt, während sie auf der anderen Seite zum Teil ausgeblieben ist. Für die Disgenie ist wiederum der Zwischenkiefer verantwortlich zu machen, aber in den meisten Fällen in Verbindung mit einer Rachitis. Aber auch gerade bei der Rachitis ist der Nasofrontalfortsatz bei der Anomalie beteiligt. Der Zwischenkiefer ist direkt in senkrechter Richtung nicht genügend entwickelt, er erreicht gar nicht das Niveau der hinteren Zähne, und so tritt auch der offene Biß gerade in der vorderen Zahnpartie am deutlichsten in die Erscheinung."

Kieferdeformitäten.

Seifert (74) konnte an drei Fällen seines Materials zeigen, daß die Kennzeichen einer durch eine Kiefergelenksankylose im frühen Alter erworbene Mikrognathie nicht in einer allgemeinen Verkleinerung des Knochens, sondern in einer eigenartigen Kombination von verschiedenen Formveränderungen (1. Verkürzung des Corpus mandibulae im sagittalen Durchmesser, 2. schnabelförmige Spitze des knöchernen Kinnes, 3. Einbuchtung am Unterrand des Kieferkörpers, 4. Verminderung des Kieferwinkels) bestehen. Eine derartige Kieferform kann weder durch die Wirkung der jahrelang andauern-

den Inaktivität, noch durch die angebliche Schädigung der knorpeligen Epiphysenfuge am Proc. coronoideus, noch durch trophische Einflüsse herbeigeführt werden, die Erblichkeit schaltet ebenfalls aus, und auch die Zahnentwicklung kann keine Rolle spielen, denn es sind sowohl bei den Seifertschen Fällen wie bei den sonst in der Literatur berichteten, die Zahnanlagen vorhanden, und kommen auch zur Ausbildung. Vielmehr ist es offenkundig der formgebende Einfluß der Muskulatur, der diese Kieferdeformität verursacht. Seifert begründet dies folgendermaßen: Während beim Gesunden die Bewegung des Unterkiefers in erster Linie den beißenden und mahlenden Kräften unterliegt (Mundschließmuskeln: Mm. Masseter, temporalis, pteryg. internus), für die Funktion der Mundöffnung dagegen keine geschlossene Muskelgruppe eigens bestimmt ist, wird andererseits das Kind mit versteiftem Kiefergelenk ständig bestrebt sein, den Mund zunächst einmal für die notwendigste Nahrungsaufnahme zu öffnen; da es hierzu nicht imstande ist, liegen die Kaumuskeln brach. Mit anderen Morten: Jene Muskeln des Mundbodens (obere Zungenbeinmuskeln), die beim Gesunden nur wenig zu leisten haben, übertreffen bei der Kiefergelenksankylose die sonst so machtvollen Mundschließmuskeln bei weitem an Kraft und Dauerleistung. Nach dieser funktionellen Erklärung, die Seifert im einzelnen expliziert, ist die Genese der postankylotischen Mikrognathie im Einklang mit dem Rouxschen Funktionsgesetz dargetan, indem für die ganz eigenartige Unterkieferform im wesentlichen die formbildende Kraft eines abnormen Muskelzuges verantwortlich gemacht ist, wie ihn die Umkehr der normalen Kieferfunktion bei Kiefergelenksankylose zwangsläufig mit sich bringt.

Im Einklang mit dieser Auffassung der Mikrognathie stehen Tierversuche an jungen Schweinen, die nur mit Milch großgezogen wurden, und bei denen die Unterkiefer offenbar wegen der relativen Inaktivität viel kleiner als bei mit gewöhnlicher Kost gefütterten Vergleichstieren waren.

Herbst (36b) zeigt in seinem Atlas der zahnärtlichen Orthopädie, S. 451, daß bei Kiefergelenksankylose nicht nur die damit behaftete Seite des Unterkiefers wesentliche Formveränderungen aufweist, sondern auch die gesund gebliebene. Der Proc. condyloideus der letzteren ist verkürzt, das artikulierende Capitulum abgeflacht, der Proc. coronoideus verlängert und an den Muskelansatzstellen verdickt. Besonders interessant ist die Vorwölbung des Kieferwinkels. Während an der muskelfreien Stelle der Knochen keine Veränderungen aufzuweisen scheint, findet man unter dem Foramen mentale wieder eine Verdickung. Der Proc. mentalis ist stark verringert in Form und Größe. Auf der mit der Ankylose behafteten Seite ist der Proc. condyloideus völlig verändert, ausgebreitet, verkürzt, mit zackiger Oberfläche auf der Artikulationsbasis, welcher eine ähnlich geformte Oberfläche in der Fossa glenoidalis entspricht. Der Unterkieferwinkel zeigt hier eine hornförmige Ausbuchtung, wonach sich im Gesicht eine deutlich sichtbare Einwölbung

kurz vor diesem Horne abprägt. Die Kinnpartie ähnelt derjenigen auf der anderen Seite. Dazu bemerkt Herbst:

„Diese Umformungen des Unterkiefers geben uns eine Idee von dem enormen Einflusse der veränderten Muskelwirkung, welche als Folge der Erkrankung und Verwachsung des Kiefergelenks eingesetzt hat. In dem Streben, den Mund mit Gewalt zu öffnen, werden die Herab- und Zurückzieher des Unterkiefers krampfhaft angestrengt, während beim krampfhaften Zusammenpressen der Zahnreihen — beide Anstrengungen werden abwechselnd ausgeführt, um das verwachsende Gelenk zu lockern — die Heber und Vorzieher des Unterkiefers stark in Anspruch genommen werden.

Durch diese Überlastung hypertrophieren die Ansatzstellen der Muskeln, während diejenigen Kieferteile, die nur einem seitlichen Muskeldruck ausgesetzt sind, ohne mit diesem Muskel selbst verwachsen zu sein, eine Umformung erfahren in der Art, wie ein gespanntes Gummiband, also gleichsam ein Regulierapparat, wirkt. Hier gibt also der Knochen einem seitlichen Drucke nach. Es ist der übertragene Zug des Platysma, soweit dieses mit seinen Muskelfasern im Panniculus adiposus des Gesichtes endet.

Aus diesen Ausführungen schließen wir, daß die Muskeln, falls sie erhöhter und besonders veränderter Funktion ausgesetzt sind, die Trajektorien der Knochen an ihren Ansatzstellen verstärken, und daß sie andererseits durch einfache Kompression den Knochen eindrücken, falls sie nur kontrahierend auf ihn wirken, ohne mit ihm verwachsen zu sein.

So können wir uns auch die Wirkung des Okklusionsscharniers etwas besser erklären. Der Knochen wird stärker an den Ansatzstellen derjenigen Muskeln, welche durch die Zwangslage erhöhter Funktion oder Spannung ausgesetzt worden sind, während er sich einwölbt, wenn nur ein seitlicher Druck eines angespannten Muskels auf ihm lastet. Auch die Veränderung des Kieferknochen beim zahnlosen Greisenmund dürfte theoretisch auf diese Weise zu erklären sein."

Die Entstehung der Progenie (Makrogenie) und Prognathie erklärt Hauptmeyer (26) nach den Rouxschen Funktionsgesetzen:

Erstere ist charakteristisch durch Verlängerung des Kieferkörpers, schwache Ast- und stumpfe Winkelbildung; letztere umgekehrt durch Verkürzung des Kieferkörpers, starke Ast- und rechte Winkelbildung. Hauptmeyer sagt dazu: Der Knochen wächst nach Roux so, daß seiner Beanspruchung der größte Widerstand bei kleinstem Materialaufwand entgegengesetzt wird, d. h. nach der Richtung, in welcher er besonders beansprucht wird. Durch eine besondere Kraft (innerer oder äußerer Natur) wird der Knochen in seinem Wachstum beeinflußt. Beim Unterkiefer kann diese Kraft den Knochen zurückdrücken oder nach vorn ziehen (Lippenbeißer rückwärts, Kleinfingereinhänger vorwärts). Durch eine Kraft rückwärts wird die Deformation im Sinne der Prognathie, umgekehrt im Sinne der Progenie hervorgerufen. Bei

der Prognathie werden durch den Druck nach hinten die Angriffspunkte der betreffenden Muskeln zu dem Gelenk hin verschoben. Die oberen Gesichtsknochen behalten ihre Lage bei. Dadurch wird die Kraft, die durch den Widerstand der Zähne beim Kauen auftritt, vom Angriffspunkt der Muskeln entfernt. Der Hebelarm von Muskeln bis zu den Mahlzähnen wird also vergrößert, und dementsprechend die Biegungsbeanspruchung des Kiefers. Durch Wachstum in der Höhenrichtung sucht der Kiefer dieser Beanspruchung entgegenzuarbeiten. Somit sind die unförmigen rechtwinkligen Äste rein mechanisch erklärlich. Durch einen der deformierenden Kraftwirkung entgegengesetzten Zug (intermaxilläre Gummibänder) tritt das Umgekehrte ein. Die Muskelangriffspunkte am Kiefer entfernen sich wieder von der Gelenkpfanne, und greifen wieder näher an den Richtungen der durch das Kauen hervorgerufenen Kräfte an. Die Biegungsbeanspruchung wird eine kleinere, und man erhält ein Zurückgehen der Widerstandshöhe (Knochenverkleinerung).

In ähnlicher Weise ist das Entstehen der Knochendeformierung bei der Progenie zu erklären. „Wir sahen", sagt Hauptmeyer, „daß eine Verstärkung in der Höhe des Knochens den biegenden Kräften einen größeren Widerstand entgegensetzt. Die geringe Biegungsbeanspruchung des Knochens bei der Progenie macht diese Verstärkung in der Höhe im hinteren Teil nicht notwendig, da der Unterkiefer mehr auf Zug beansprucht wird. Die Kaumuskeln arbeiten zur Gelenkpfanne hin. Die schwachen stumpfwinkligen Äste sind also auch hier wieder ein Produkt der abnormen Statik."

B) Die abnormen Funktionen nach beendetem Wachstum.

betreffen in erster Linie den Kaudruck, der, wie Winkler (98) gezeigt hat, bedeutende Kraftwirkungen im Kiefer entfaltet.

Bei den diesbezüglichen Funktionsstörungen ist nach Herbst (34) die Belastungsfrage maßgebend. So findet man bei nächtlichen Knirschern neben den abgekauten Zähnen kurzen, auch gequollenen Alveolarfortsatz mit Leistenbildung an der lingualen und bukkalen Seite der Kortikalis infolge Überlastung. Auch berufliche Überlastungen sind bekannt, z. B. durch das Eindrücken des Alveolarfortsatzes der unteren Vorderzähne bei Querflötenbläsern, und der unteren und oberen Vorderzähne bei Trompetern. Die Selbstverstümmelung des Gebisses der Wilden (H. Schröder [71] führt zu Überlastung der unverstümmelten Zahnpartien. Schlechte Gewohnheiten, wie das Benagen von Gegenständen, Tragen von Tonpfeifen, Einkeilen von Gegenständen zwischen den Vorderzähnen bedingen partielle Überlastungen von Kieferpartien.

Extraktionen schwächen das ganze Kauorgan und führen zu relativen Überlastungen des restierenden.

Durch alle diese Ursachen bilden sich Zahnstellungs- und Kieferanomalien sekundärer Art.

Herbst (36b) sagt, daß man sich von vornherein klar machen müsse, „daß jede Extraktion die Entfernung eines Mauersteines bedeutet, der zur Konstruktion eines Bogens gedient hat, und daß die Naturkräfte im Munde ausgesprochene Feinde von Zahnlücken sind, daß sie also das Bestreben haben, die der Extraktionswunde benachbarten Zähne wieder zum Kontakt zu bringen." Es geht dann sofort eine Stellungsveränderung der anderen Zähne vor sich, die solange andauert, bis die Trajektorien des Alveolarfortsatzes sich den neuen Druckverhältnissen angepaßt haben. Im allgemeinen kann man sagen, daß die Zähne in die Extraktionslücke hineinwachsen, indem sie mesial oder distal wandern oder kippen, oder indem der Antagonist sich mit seinem Alveolarfortsatz hebt, und nun den Raum der Extraktionslücke zum Teil ausfüllt.

In der Orthodontie ist deshalb eine Extraktion nur dann nach Herbst (36b) angebracht, wenn die Zahl der Zähne in beiden Kiefern nicht die gleiche ist. Unter Umständen genügt schon die Extraktion eines Hauptmolaren im Unterkiefer, um nach und nach eine früher normale Zahnstellung zu einer Art Retrogenie umzuwandeln.

Pfaff (59) schreibt in seinem Lehrbuch der Orthodontie über den hochgradigen Verlust von Zähnen:

„Die Zahnfächer bzw. Alveolarfortsätze verschwinden nach dem allgemeinen Grundsatze, daß bei einem Organ, dessen Funktion aufgehört hat, Rückgang eintritt. Die Kiefer werden flach und ähneln wieder denjenigen des Kindes, die Höhe der beiden Kiefer verringert sich um die Länge der Zahnwurzel. Der Kieferwinkel verliert seine rechtwinklige Form durch den Muskeldruck, und wird größer. Der Unterkiefer hebt sich, der mittlere Teil rückt mehr nach vorne, womit eine beträchtliche Verschiebung des Kinnes verbunden ist. Bei Kieferschluß ist das besonders auffallend: das Kinn tritt weit nach vorne, so daß der Unterkiefer den Oberkiefer überragt und die Lippen zwischen die zahnlosen Kiefer gepreßt werden, wodurch sich der Mund als Schlitz ohne jedes Lippenrot darstellt."

Über die Folgen von Extraktionen im bleibenden Gebiß unter Bezugnahme auf die Funktionsgesetze von Roux bringt Birkenbeil (7) Strukturaufnahmen des Kiefers im Röntgenbild, und führt dazu aus:

„Normalerweise sitzen die Zähne, Keilen ähnlich, eingekeilt im Kieferknochen. Obwohl nun jeder einzelne durch die Interdental- bzw. Interradikularsepten, sowie die beiden Knochenplatten an sich schon fest verankert ist, so bildet das vollkommene Gebiß infolge Kontaktes der Zähne untereinander und ihrer Okklusionen ein in sich abgestütztes geschlossenes Ganze, woraus ein Ausweichen einzelner Zähne kaum möglich ist. Nun bedeutet aber die Extraktion in den meisten Fällen einen schweren Eingriff in

diesen festgefügten Apparat. Zahnreihe und Knochenstruktur müssen dadurch unbedingt beeinflußt werden." Man sieht bei vorhandenem Gegenbiß, „daß um Zähne, welche ihren Nachbar verloren haben, die Balken der Septen ineinander fließen, mehr oder weniger parallel, und immer rechtwinklig zur Alveolarkompakta. Um belastete, eventuell schief gewordene Zähne (Brückenpfeiler, gekrönte Zähne) verdickt sich das Septengebälk, und die einzelnen Balken ordnen sich strahlenförmig an, so daß das Gebälk im rechten Winkel mit der Alveolarkompakta zusammenfließt."

Auch unter physiologischen Einwirkungen (nicht pathologischen Veränderungen), sagt Birkenbeil, sieht man, daß sich das sonst normale Bild ändert. So hat er gewisse Veränderungen im Falle größerer Belastung der Zähne konstatiert, wenn z. B. nach Entfernung einzelner Zähne die übriggebliebenen in höherem Maße an der Kautätigkeit teilnehmen, oder wenn durch nächtliches Zähneknirschen das ganze Gebiß stärker belastet wird. In solchen Fällen haben sich in der dental-funktionell orientierten Zone (das ist der Teil des Alveolarfortsatzes über dem Canalis mandibularis) die parallel laufenden Balken stärker ausgebildet, und die sie verbindenden Leistchen sind stellenweise in Gestalt mächtiger Säulen nachweisbar.

Im entgegengesetzten Sinne zeigen sich nach Birkenbeil Veränderungen, wenn die Zähne hinter der Lücke gewandert sind, einmal durch Fehlen der Antagonisten, oder auch infolge pathologischer Veränderungen. An Stelle der extrahierten Zähne hat sich die Spongiosa mehr und mehr zurückgebildet, die Trajektorien sind vollständig verschwunden, an der vom Kaudruck befreiten Stelle ist die dental-funktionelle Zone nicht mehr sichtbar. Im Falle von Alveolarerkrankungen (Paradentose, Osteomyelitis), welche Lockerung der Zähne, Abschwächung der Kaukraft verursachen, sieht man, daß mit dem Zugrundegehen der Alveolarkompakta gleichzeitig, oft jedoch noch ihm zuvorkommend dieses stützende Gebälk ebenfalls verschwindet. So zeigen sich andererseits die Veränderungen, wenn die Belastung der Zähne unter das Normale gesunken ist. In solchen Fällen verschwinden also die parallel laufenden Balken ganz, nur stellenweise ist eine oder die andere stärker ausgebildete Verbindungsleiste sichtbar.

Daß aber auch ein sogar hochgradiges Lückengebiß die Nahrungsverarbeitung genügend bewältigen kann, hat Precht (60) gezeigt. Auch hier wieder spielt, wie er sagt, die funktionelle Anpassung eine große Rolle, indem sie auf verschiedene Weise die ausgefallene Funktion der Zähne kompensiert. So war bei manchen seiner Patienten das Zahnfleisch des Alveolarrandes durch die jahre- und jahrzehntelange Beanspruchung hornartig verdickt, was wohl sicher ein Zeichen funktioneller Anpassung ist, und dem Zustande, der sich normalerweise bei vielen Tieren findet, entspricht. Eine Überlastung der noch vorhandenen Zähne ist, nach Precht, unter normalen Verhältnissen kaum zu erwarten, weil zwangsläufig eine Anpassung der Funktionsleistung an den jeweiligen Zustand des Kauapparates eintritt. Nur wenn

präsponierende Momente (unregelmäßige Zahnstellung, Paradentosebereitschaft, Überwiegen horizontaler Druckkräfte) vorhanden seien, könne eine Lockerung der Zähne eintreten.

Die Abhängigkeit der Gestaltung des Kieferknochens von der Funktion der Zähne zeigt an einigen Beispielen Neustadt (55). So demonstriert er einen Fall mit einseitig begrenzter Kautätigkeit, kenntlich an den völlig abgeschliffenen Höckern der einen Seite und den noch ganz erhaltenen der anderen; an der Seite der abgekauten Zähne zeigt sich im Knochenschliff ein dichter Knochen, dicke und zahlreiche Trabekel, eine deutliche Veränderung der Spongiosa.

Ähnliche Beispiele geben Fälle mit Stellungsanomalien. Je nachdem wie der Kaudruck aufgefangen wird, zeigt die Alveole deutliche Veränderungen. So konzentriert sich bei einer labialen Kippung die Kaukraft gegen die labiale Seite und wirkt im Sinne einer weiteren Kippung. Bei einem lingual geneigten Molar ist es nicht der linguale Alveolarrand, wie immer angenommen wird, sondern die bukkale Seite der Alveole zeigt sich im Schliff besonders verstärkt, und hält den Zahn in seinem Lager fest.

Ist die physiologische Beweglichkeit des Zahnes innerhalb der Alveole durch eine anomale Stellung in einer Richtung aufgegeben, so zeigen sich typische Veränderungen am Alveolarfortsatz. Die Alveole ist in der entgegengesetzten Richtung sehr schwach entwickelt, und neigt an dieser Stelle zur völligen Resorption.

R. Schwarz (73) hat am Kiefergelenk von Neukaledoniern und Loyalty-Indianern Veränderungen gefunden, die er aus der Art der Kaubewegungen erklärt. Er begründet dies folgendermaßen: Die Neukaledonier haben eine flache Fossa glenoidalis mit wenig Spielraum; sie stellen die prognatheste Rasse dar, deren Frontzähne in den meisten Fällen Schneide auf Schneide treffen. Ihre Kauebene verläuft parallel der Ohr-Augen-Ebene, ja es können sogar Alveolarebene und Kauebene nach vorn gegenüber der Horizontalebene ansteigen. Durch diese Bißart und die Vorschubbewegungen des Unterkiefers sind die Kauhöcker der Abnutzung in höchstem Grade ausgesetzt; dazu hilft die mächtige Kaumuskulatur und die grobfaserige Nahrung. Infolge der starken Abkauung der Zähne tritt der Kondylus tiefer in die Fossa glenoidalis, und beginnt den Meniskus zu durchstoßen, entweder lateral oder in der Mitte, je nach der Form des Capitulum. Das Periost atrophiert, der Knochen wird freigelegt, und es kommt zur Bildung von Schleiffurchen. Meist beginnt jedoch schon vorher das Capitulum sich zu verbreitern, um bei Zerstörung der elastischen Zwischenschicht den gewaltigen Kaudruck auffangen zu können. Das gleiche Bild zeigt die Fossa glenoidalis. Auch wenn im juvenilen Alter ein Tuberculum articulare vorhanden ist, so kann dieses die Abkauung und die allzu großen Kauexkursionen nach vorn nicht kompensieren, sondern es wird ausgeschliffen oder eingewalzt. Nach der Art der Kau-

bewegung werden die Zähne abgekaut und Fossa glenoidalis wie auch Capitulum formiert. Der Verlust einzelner Zähne beschleunigt den Vorgang im Kiefergelenk. Diese Kauänderungen sind nach den Rouxschen Sätzen über die funktionelle Anpassung zu deuten: Die Funktion eines Organs bestimmt seine innere Struktur, und diese hat wieder die äußere Gestalt zur Folge.

In ähnlicher Weise wie Schwarz hat Mosch (53) an Schädeln von Negern, Pygmäen, Melanesiern, Polynesiern, Ägyptern, Indern, Europäern nachgewiesen, daß bei den nicht zivilisierten Rassen das funktionell vollwertige Gebiß die Regel darstellt, während bei denjenigen Rassen, welche schon lange unter dem Einfluß der Kultur stehen, solche vollwertigen Gebisse selten anzutreffen sind. Diese Resultate bestätigen nur die schon lange bekannte Tatsache des ungünstigen Einflusses der Lebensweise des Kulturmenschen auf sein Gebiß. Ferner hat Mosch gezeigt, daß die von ihm gefundenen Werte für Karies und Paradentose sich ebenfalls zwanglos und mit guter Regelmäßigkeit in diese Betrachtung einfügen. Man ersieht aus seinen Befunden ohne weiteres die Berechtigung, Karies und Paradentose als Kulturkrankheiten ansprechen zu können, und findet die Auffassung von Münzesheimer (54) die Paradentose sei eine Domestikationserscheinung, bestätigt; Münzesheimer weist auch darauf hin, daß Paradentose bei in Gefangenschaft gehaltenen Antropoiden und bei Haustieren keine unbekannte Erscheinung ist.

Wenn auch immer noch über die Ursache der Paradentose die Meinungen auseinandergehen, so dürfte doch sicher sein, daß die Störungen des funktionellen Gleichgewichts häufig eine Rolle spielen, wie dies schon die alte Belastungstheorie von Karoliy zum Ausdruck gebracht wird. Auch Herbst (34) sagt von der Alveolarpyrrhoe: „Sie ist von unserm Standpunkt aus betrachtet, die Folge einer falschen Belastung der Zähne mit ihrem weiteren Folgezustande: Lockerung und später Eiterbildung. Man kann diese Erkrankung also auch vom rein funktionellen Standpunkt auffassen, als Folge, nicht als Ursache der Anomalie, was entschieden richtiger ist. Die falsche Belastung ist dabei stets eine seitliche!“ Doch kommt neben dem Belastungsmoment, nach Herbst, dem Pathologischen volle Bedeutung zu.

Bei der Paradentose spielt auch, nach Bluntschili (12), zweifellos die Zahnbelastung eine große Rolle. Er führt diesbezüglich aus: Indirekt hängt damit auch das Muskelproblem zusammen. „Denn wenn wir den von der Muskulatur ausgehenden Wachstumsreizen für die Skelettbildung wichtige Bedeutung zumessen, dann ist es wohl ebenso wahrscheinlich, daß solche sich auch auf das Zahnwachstum, ganz besonders auf das ja erst während der Funktion sich vollendende Wurzelwachstum geltend machen dürften. Es besteht kein Zweifel, daß der Kulturmensch sich dem Naturmenschen gegenüber durch einen wesentlich grazileren Kieferbau und eine wesentlich schwächer ausgebildete Kaumuskulatur kennzeichnet. Bei Schädeln und Unterkiefern von

Naturvölkern sind Anzeichen von Karies und paradentotischen Erkrankungen recht selten, selbst bei sehr weitgehender Zahnabnutzung findet man doch fast stets völlig gesunde Zähne. Es ist bei den Wildtieren auch nicht anders, während Tiere, die längere Zeit in Tiergärten gehalten sind, ebensowohl die Neigung zu kariösen Erkrankungen, wie zu solchen des Paradentiums aufweisen. Die geringere Beanspruchung der Kauwerkzeuge ist die primäre Ursache für die schwächere Ausbildung beim Kulturmenschen. Die geringer wertig ausgebildeten Teile neigen stärker zur Erkrankung, die Zähne insbesondere zur Karies. Diese vermindert den Kauwert einzelner Glieder der Zahnreihen, die meist benutzten Kaustellen werden anders gewählt; kommt aber gelegentlich Kauleistung an jenen unterwertig gewordenen Stellen vor, dann entsteht hier leicht Überbelastung. Die Widerstandsfähigkeit des Teilgliedes ist zu gering, die Widerstandsfähigkeit für das System als Ganzes, wenn jene lokale Schwächung nicht bestünde, wäre nicht zu klein."

Im Gegensatz zu Gottlieb (23), Stein und Weinmann (79) bestreiten Bauer und Lang (5) eine physiologische Wanderung der Zähne. Nach den ersteren Autoren ist die Ansicht von Landsberger und Weski, wonach der Zahn mit seinem Alveolarknochen und den dazu gehörigen Weichteilen eine untrennbare Einheit bilde, und daß der zum Zahn gehörige Alveolarknochen alle Ortsverschiebungen des Zahnes mitmache, nicht berechtigt, vielmehr wandere der Zahn innerhalb des Alveolarknochens, und schaffe sich seine Alveole ständig neu. Bauer und Lang verstehen unter Wanderung der Zähne jene Lage- bzw. Stellungsänderungen, die entstehen, wenn ein Stützmoment, das mithilft, den Zahn in seiner natürlichen Einstellung zu halten, geschädigt wird oder verloren geht. Der Raum für die Wanderung wird durch Abbau der knöchernen Alveole geschaffen; der physiologische Periodontalraum bleibt durch entsprechenden Anbau an der anderen Seite erhalten. Für den Anbau kommen in erster Linie Zug- und intermittierende Druckwirkungen sowie das Nachlassen von Spannungen in Frage.

Bauer und Lang zeigen an einer Reihe von Fällen von Wanderung infolge Verlustes von Nachbarzähnen, daß die Wanderung eine Abweichung von physiologischen Verhältnissen, die Folge von Störungen im physiologischen Gleichgewicht der Kiefer, bei besonderer Auswirkung der Artikulation ist. Sie legen dar, daß es infolge des Fehlens von Zähnen in der Reihe zu horizontaler Wanderung und zu Kippung kommen kann. Die vertikale Form der Wanderung findet sich bei Zähnen, deren Antagonisten fehlen. Bei diesen Zähnen findet sich Anbau in der Alveole. Bauer und Lang erklären diese Erscheinung durch die Zerrung an den Sehnenbündeln in der Wanderungsrichtung und durch den dadurch bewirkten Zug auf den Alveolarknochen, der dementsprechend beiderseits schichtenweise angebaut wird. Die Anbauvorgänge am Boden der Alveole werden durch die durch den Wegfall der Antagonisten entstandene Druckentlastung verursacht. Alle diese Wanderungen werden als pathologische angesehen.

Entzündliche Vorgänge, wie Paradentitis marginalis oder apicalis, können, nach Bauer und Lang, ebenfalls eine Wanderung zur Folge haben, wobei die durch das entzündete Paradentium abgeänderte Funktion sich weiterhin als schädigender Reiz geltend macht. So erklären Bauer und Lang auch die Wanderung bei dem von Gottlieb als diffuse Atrophie beschriebenen Krankheitsbild als Folge entzündlicher Abänderungen im Paradentium. Als Ausdruck der Wanderung findet sich auf der Zugseite Anbau in Form von Knochen mit eingebauten Bündeln, den Stein und Weinmann (79) als Bündelknochen bezeichnet haben. Bauer und Lang zeigen das Vorkommen dieser Knochenart auch bei einem retinierten oberen Eckzahn, für dessen Bewegungstendenz gegen seine Alveole auch die Resorption an einem benachbarten durchgebrochenen Zahn spricht, wodurch das Vorkommen von Bündelknochen befriedigend erklärt erscheint.

Auch nach Kantorowicz und Korkhaus (42) ist die Annahme, daß die pathologischen Vorgänge am Paradentium bei der Zahnwanderung bei diffuser Atrophie beteiligt sind, wahrscheinlich.

Gaman (21) fand, ebenso wie Walkhoff, daß, wie an den anderen Knochen des Körpers, auch am Kiefer die Knochenbalken funktionell orientiert sind. Aus diesem Grunde schlägt er vor, drei Zonen im Processus alveolaris zu unterscheiden, die entsprechend der verschiedenen funktionellen Inanspruchnahme eine verschiedene Anordnung der Knochenbalken aufweisen. Er unterscheidet eine dental-funktionelle, eine neutral (Canalis mandibularis) und eine durch die Funktion der Zähne nicht tangierte Zone des Kieferknochens. Die funktionelle Zone verändert seine Struktur entsprechend der Funktion der dazu gehörigen Zähne. Die strukturellen Veränderungen bei erhöhter Belastung sind gegensätzlich zu den Veränderungen bei einer subnormalen Belastung der Zähne, wenn z. B. die Antagonisten fehlen. Unter Umständen findet sich in der funktionellen Zone unterhalb der Zähne eine neue Anordnung der Knochenbalken.

An Zähnen, die besonders belastet sind (Brückenpfeiler, starke Abkauung), ist die Struktur deutlicher, bei Alveolaratrophie oder Fehlen der Antagonisten wird sie schwächer und geht endlich verloren. An kräftigen Gebissen findet sich außerdem, von der Alveolenspitze ausstrahlend, ein Zug distal-geschweifter Knochenbälkchen als Ausdruck kräftiger Funktion. Gaman nennt diese Züge, die vor allem an Molaren, aber auch an Prämolaren zu finden sind, Trajectorium basale alveoli.

Hierüber sagt Gaman:

„Unter den Zähnen kann unter gewissen Umständen in der dental-funktionell-orientierten Zone ein neues trajektoriales Knochengebälk entstehen.

Die Gestalt, der Verlauf dieses trajektoriellen Systems ist unserer Erfahrung nach beim Menschen fast in allen Zähnen gleich; von jeder Wurzelspitze geht ein leicht gebogenes Balkenwerk aus, welches in Bogenform stark nach hinten gerichtet ist.

Ihr Entstehen ist immer an verschiedene äußere Verhältnisse gebunden. Weiter, gut ausgebildet sind die Alveolen des Trajectorium basale bei Zähnen, die als Brückenpfeiler verwendet werden, bei Zähnen nächtlicher Knirscher und in großem Maße bei einzelnen übriggebliebenen Zähnen von Individuen, denen Zähne fehlen. Dieses Trajektorium finden wir gar nicht oder nur schwach angedeutet bei Zähnen, deren Antagonisten schon längere Zeit fehlen, bei Personen, die an Pyorrhoe (Oesteomyelitis) leiden, bei einzelnen Okklusionsanomalien. Vorhandene Alveolen des Trajectoriums verschwinden, wenn der entsprechende Zahn aus irgendeinem Grunde seine Funktion nie erfüllt, z. B. wenn wir seinen Antagonisten extrahieren."

Daß Zustände, wie Zahnmangel, oder solche schmerzhafter Art, wie Karies, Periodontitis, Dentitio difficilis, wenn sie längere Zeit andauern, durch Überbelastung Deformationen hervorrufen können, ist aus dem bisher Dargelegten ohne weiteres klar. Das ungenügende oder einseitige Kauen bewirkt mit der Zeit die funktionellen Folgezustände.

Statt vieler Beispiele seien nur die Beobachtungen von Chenet (15) angeführt, in welchen durch lang dauernde, einseitige Innervation der Kaumuskulatur — meist bedingt durch schmerzhafte Prozesse auf der einen Seite des Kiefers — schwere Deformationen des Kiefergelenkes hervorgerufen wurden. Es kam dabei vor allem zu einer Tiefenabnahme der Cavitas glenoidalis, die rezividierende Subluxationen des Condylus erleichterte. Der Diskus articularis atrophiert dabei, ist oft in seiner Mitte usuriert, manchmal vollkommen zerstört oder aus dem Gelenkspalt luxiert. Immer finden sich schwere Veränderungen am Condylus mandibulae, Verbreiterungen, Abflachungen, meist aber eine Verlängerung von vorne nach hinten; auch der aufsteigende Kieferast kann in Mitleidenschaft gezogen sein. Chenet teilt zwei solcher Fälle mit: in dem einen Fall handelt es sich um eine Frau mit sichtbarer Gesichtsentstellung, unbestimmten Schmerzen im Ohr und Knacken im linken Kiefergelenk. Das Heraustreten des Kondylus nach außen aus der Fossa beim langsamen Öffnen des Mundes ist deutlich fühlbar wie bei einer Subluxation. Dieses Heraustreten ist begleitet von deutlich hörbarem einseitigem Knacken. Die Mittellinie zwischen den Schneidezähnen unten ist um einen halben Zahn nach rechts verschoben. Der Unterkiefer ist also tatsächlich nach der gesunden Seite hin umgeformt. Mahlzähne und Bikuspidaten sind in guter Okklusion, außer dem linken unteren Weisheitszahn, der nach der Zunge umgelegt ist, und von dem Antagonisten nur auf der bukkalen Seite getroffen wurde. Chenet weist darauf hin, daß dieser Zahn gelockert und schmerzhaft und die Ursache des ganzen Übels war, weil er seit langer Zeit das Kauen auf dieser Seite gehindert hatte. Der einseitige Muskelzug hatte nach und nach den Kiefer umgeformt und Erscheinungen einer Arthritis verursacht. Einen zweiten ähnlichen Fall konnte Chenet bei einem jungen Mädchen feststellen. Die Ursache lag in einer

lang zurückliegenden Extraktion eines ersten und sechsten. Die Lücke war sehr schmerzhaft geblieben, weshalb ebenfalls nur rechtsseitig gekaut werden konnte.

Bei allen diesen und ähnlichen Zuständen kommt es durch die einseitige Benutzung des Kauorgans, wodurch die mangelhafte Seite funktionell entlastet wird, auch leicht zu ungleichmäßiger Veränderung der Kieferköpfchen.

Hierher gehört auch die von Herbst (36) in seinem Atlas der zahnärztlichen Orthopädie (2. Aufl. S. 31) gebrachte Abbildung eines abgeplatteten Capitulums infolge dauernden Vorschiebens des Unterkiefers beim Beißen, wie es häufig bei alten Leuten vorkommt, denen die Backenzähne fehlen, und die deswegen gezwungen sind, mit den Vorderzähnen alles zu beißen, infolgedessen das Capitulum vor die Fossa glenoidalis bringen müssen, so daß sich, wie die Abbildung zeigt, eine Art Reservegelenk bildet. Der Unterschied zwischen dem abgeplatteten Capitulum und dem normalen auf der anderen Seite zeigt deutlich den funktionellen Einfluß der verschiedenen Beißbewegungen.

Nach den Untersuchungen von R. Fischer (19) ist die Kauflächenform der Zähne der Richtung des Muskelzuges und der Form des Kiefergelenks angepaßt, und beeinflußt wiederum diese. Während das Kiefergelenk der Fleischfresser wie ein Scharnier nur einfache Schließ- und Öffnungsbewegungen des Unterkiefers zuläßt, ermöglicht das der Pflanzenfresser die zum Zermahlen notwendigen seitlichen Bewegungen. Dies ist, wenn auch in geringerem Maße, auch beim menschlichen Unterkiefer der Fall. Die Bewegungen sind Rotationen um feststehende Achsen, die zwar anatomisch nicht vorhanden sind, sich aber auch aus den Bewegungen konstruieren lassen. Zu den seitlichen Bewegungen kommt beim Menschen noch der Vorbiß, aus dem der Unterkiefer durch Rotation um eine Horizontalachse in die Okklusion zurückkehrt. Zwischen diesen Kaubewegungen kann der Kiefer alle dazwischenliegenden Bewegungen ausführen. Nach den Untersuchungen von Fischer hängt die Form der Zähne unmittelbar von den Bewegungen des Unterkiefers ab. Form und Bewegung müssen miteinander übereinstimmen. Aus den Rotationsachsen lassen sich die Kauflächen der Zähne, d. h. die Facetten der Frontzahnschneidekanten und die Höcker der Molaren und Prämolaren berechnen. Die drei Faktoren (Zähne, Gelenk und Muskelzug) sind individuell, und variieren innerhalb bestimmter Grenzen von Mensch zu Mensch. So kann die Schädelform (Dolichozephalie, Brachyzephalie) eine verschiedene Zugrichtung, des M. pterygoideus externus, bedingen, womit die Kieferbewegungen und damit die Zahnformen sich ändern. — Diese Untersuchungen Fischers zeigen, wie bei der gegenseitigen Abhängigkeit von Zahnform und Kiefergelenkform durch funktionelle Veränderungen der einen oder der anderen Alterationen des korrespondierenden Faktors, sowie beider durch veränderte Muskelwirkung eintreten können.

Schmidhuber (67), der eingehende Untersuchungen experimenteller Art über den Einfluß der Zähne und des Kiefergelenkköpfchens am Längenwachstum des Unterkiefers des Hundes gemacht hat, kam zu dem Ergebnis, daß der Zahnverlust als solcher keine Verzögerungen des Längenwachstums des Unterkiefers verursacht, und daß die Resultate Landsbergers usw. (s. weiter oben) zurückgeführt werden müssen auf die Funktionsausfälle, welche durch die örtlichen Schädigungen des Gewebes und die spätere intensive Narbenbildung bedingt wurden, vor allem aber auch auf die Schädigung der Knochenmatrix, so daß diese ihre vegetative Arbeit (Apposition) nicht oder nur in beschränktem Maße verrichten konnte. Bezüglich des Einflusses des Kiefergelenkköpfchens ist Schmidthuber dagegen der Ansicht, daß, wenn auch als bewiesen gelten könne, daß das Längenwachstum des Unterkiefers beim Hunde unter anderem auch vom Unterkieferknorpel aus geregelt wird, dieser Anteil des Gelenkknorpels an den Wachstumsvorgängen gegenüber dem der Funktion gering sei.

Ein eklatantes Beispiel für die funktionellen Folgen des Nichtgebrauchens der Kaumuskeln ist der von Herbst (29) mitgeteilte Fall der Gesine Meyer, die ohne Unterbrechung siebzehn Jahre geschlafen hatte. Herbst, der den Fall untersucht hat, fand die nach seiner Luftdrucktheorie vorauszusetzende Vermutung, daß Zähne bei fehlenden Antagonisten infolge des in der Mundhöhle befindlichen negativen Druckes, der durch den Saugakt häufig sehr verstärkt wird, länger werden, daß also diejenigen Zähne, welche nicht dem Kauakt unterworfen sind, Gelegenheit finden, dem negativen Drucke zu weichen, vollauf bestätigt; es mußten, da die Patientin während der siebzehn Jahre selbst bei der festen Nahrungsaufnahme, die ihr doch in kleinen Stücken eingeweicht, gereicht werden mußten, keinen genügenden Kauakt ausgeübt hatte, ihre sämtlichen Zähne, die nach ihrer Erinnerung bis auf einen oder zwei vor siebzehn Jahren noch vorhanden waren, entweder „sehr lang" geworden, oder aber bereits ausgefallen sein. In der Tat war der Mund, mit Ausnahme von drei Zähnen und einer Wurzel, völlig zahnlos; von diesen drei Zähnen waren zwei derartig locker, daß sie mit dem Finger entfernt werden konnten, nur im Oberkiefer befand sich noch ein ziemlich fester Weisheitszahn. Die Zähne waren also infolge der unzweckmäßigen Benutzung verloren gegangen. Herbst bemerkt dazu: „Das Abnorme liegt hier nicht in dem Verlust an und für sich, sondern in dem frühzeitigen Verlust von Zähnen, welche weder kariös, noch periostitisch waren (Verödung nicht gebrauchter Organe, in diesem Falle des Alveolarfortsatzes)."

Traumatische Funktionsstörungen.

Traumen können zu den schwersten Veränderungen im Kieferbau führen. Es kommen in Frage alle Folgeerscheinungen, die das Trauma mit sich bringt, und durch die der Kiefer in alle nur denkbaren abnormen Formen gezwungen wird. Die Funktionsstörungen sind hier besonders stark ausgeprägt.

Tumoren.

In einem Falle von Akromegalie, den Kloeppel (44) mitteilt, waren die Artikulation und die Stellung der Zähne früher normal gewesen; im Verlaufe der Erkrankung waren die unteren Schneidezähne 1½ cm vor die oberen gekommen; auch waren die Zähne, besonders die unteren Vorderzähne, stark auseinandergerückt. Für die Ätiologie der Zahndiastasen sieht Kloeppel den Grund darin, daß der Unterkiefer bei der Akromegalie nicht allein nach vorn, sondern in allen Richtungen an Größe zunimmt; zwischen den nicht vergrößerten Zähnen im vergrößerten Kiefer müssen also bald die Zwischenräume breiter werden. Für die besonders auffällige Diastase der unteren Schneidezähne nimmt Kloeppel den Druck der stark vergrößerten Zunge als Ursache an.

Solche Fälle von Makroglossie mit Deformationen der Kiefer und Auseinanderrücken der Zähne sind schon seit langem bekannt, und Perthes (56) bringt eine Reihe solcher Fälle aus der Literatur, darunter den bereits 1854 von Virchow beschriebenen. Perthes sagt darüber: „Der ganze Unterkiefer wird dabei vergrößert, so daß der Kieferkörper bei einem dreijährigen Kinde dem eines Erwachsenen gleichkommen kann. Die Zähne rücken dadurch auseinander, und zwischen ihnen treten Spalträume auf von 1 mm und mehr; die unteren und der Teil des Kiefers, der sie birgt, neigen sich nach außen, und der Zahnschluß wird wenigstens im Bereich der vorderen Zähne aufgehoben. Auch kann der horizontale Teil des Unterkiefers durch die darauf lastende Zunge dicht vor dem Masseter — also da, wo die Wirkung dieses Muskels aufhört — nach unten umgebogen werden. Nach operativer Verkleinerung nimmt der Kiefer, wenigstens dann, wenn es sich um ein Kind handelt, wieder seine normale Form an, oft auffallend schnell ... Offenbar reicht der Zug der Muskeln und der Lippendruck aus, um den von seiner abnormen Last befreiten Unterkiefer wieder normal zu gestalten.“ Also auch hier wieder deutlich der Einfluß der Funktion bei der Entstehung und auch bei der Ausgleichung der Deformität.

Dahnke (16) beschreibt ein Hämangiom der Zunge bei einem elfjährigen Mädchen, bei dem die seit dem dritten Lebensjahr ständig wachsende Geschwulst zu Störungen beim Essen und Sprechen führte. Außerdem wurde ein stärkeres Hervorspringen des Unterkiefers aus dem Gesichtsteil beobachtet. Die Zahnreihen berührten sich nur mit dem Sechsjahrmolaren, so daß ein offener Biß vorhanden war. Nachuntersuchung nach Radikalexzision des Hämangioms ergab nach neun Monaten eine günstige Form der Zunge, eine Besserung des offenen Bisses, sowie eine wesentliche Besserung der Sprache. Die Kieferdeformität war jedoch unverändert.

Einen analogen Fall von Hämangiom der Zunge beschreibt Lucas (50).

Kantorowicz und Korkhaus (43) teilen ebenfalls eine Anzahl von Stellungsanomalien und Kieferverbildungen infolge von Tumoren mit, so ein Lymphan-

giom der Lippen (Makrocheilie, einen von Pitts veröffentlichten Fall von Angiom der Wange, eine Epulis, ein zentrales Kieferfibrom, ein diffuses Zahnfleischfibrom (Elephantiasis gingivae), und man könnte diese Kasuistik noch um zahlreiche Fälle aus der übrigen Literatur bereichern.

Für alle diese Fälle gilt nur die Erklärung, die Dahnke dem seinigen auf Grund der Rouxschen Funktionsgesetze beigegeben hat:

Während beim normalen Knochenwachstum der funktionelle Reiz mit den Kauakt, der Sprache, der Atmung, sowie dem Druck der anliegenden Organe einwirkt, fand hier außerdem ein Druck der vergrößerten Zunge auf den Kiefer statt. Erfolgt dieser in solcher Stärke, daß er das Maß des für den Knochen Erträglichen übersteigt, so muß eine Beeinträchtigung der normalen Wachstumsvorgänge erfolgen. Es handelt sich dabei nicht um eine direkte Biegung des Kiefers, da der Druck dazu nicht ausreicht, und, wenn er es täte, vorher die betreffenden Weichteile zum Schwund bringen müßte, sondern es sind vielmehr die durch den Druck im Knochen auftretenden Spannungen, die sich einmal an der Epiphysenlinie als Zug auswirken und hier ein gesteigertes Wachstum hervorrufen könnten, andererseits im Kieferbogen selbst nicht ohne Einfluß auf die Wachstumsdendenz sein werden, so daß eine Dehnung des Bogens durch sie im Bereiche der Möglichkeit liegt. Dazu kommen nun noch Vorgänge an der Innen- und Außenseite des Kiefers. Das Periost sowohl wie die Knochenzellen werden durch den übermäßigen Druck, der durch seine stetige Wiederholung dem pulsierenden Klopfen eines Aneurysmas nahekommt, in ihrer Lebenskraft geschwächt werden, so daß die Anbildung durch die Osteoplasten schließlich unterbleibt, während die Osteoclasten gerade günstige Bedingungen für ihre Tätigkeit finden. Damit wird die Resorption an der Innenseite überwiegen. Mit dieser Schwächung des Kiefers mußte aber, da die funktionellen Reize ungehindert auf ihn fortwirkten, und die Knochenanbildung an der Außenseite unbehindert war, hier nicht nur eine normale, sondern auch eine, das Normale überschreitende Apposition mit der Resorption an der Innenseite Hand in Hand gehen, weil durch die Erbmasse und die Beanspruchung auf Biegung und Bruchfestigkeit eine gewisse Breite des Kiefers in lingualbukkaler Richtung gegeben war, und bei unverminderter Funktion auch erhalten wurde.

Bandagen.

Wilhelm (97) berichtet über Deformierung des Unterkiefers nach Tragen von Kopfstützapparaten. Es handelte sich um spondylitiskranke, jugendliche Patienten jenseits der zweiten Dentition, die längere Zeit ein Gips- oder Hessingkorsett mit Kopfstütze getragen haben. Ihr Unterkiefer zeigte folgende Deformation: Im Profil betrachtet, bot das Gesicht Anklänge an Veränderungen, wie sie als „Vogelgesicht" bei Mikrognathie gesehen werden. Der Unterkiefer war in sagittaler Richtung mehr oder weniger stark gegenüber dem Unterkiefer zurückgeblieben. Infolgedessen standen die unteren Frontzähne in schweren Fällen bis zu 2 cm hinter den oberen zurück, und

zeigten manchmal eine recht deutliche Abknickung lingualwärts. Demgegenüber standen die oberen Frontzähne nach vorne gepreßt und zeigten unregelmäßige Stellung gegeneinander. Der nach hinten verdrängte Mandibularbogen war gleichzeitig nicht mehr so stark gewölbt wie beim Normalen, sondern abgeflacht. Beim Betrachten des Unterkiefers von unten hatte man den Eindruck, als ob die beiden Unterkieferkörper nach hinten zu stärker als gewöhnlich divergierten, und als ob die beiden Unterkieferäste mehr oder weniger nach außen abgebogen seien. Das merkwürdigste Symptom der Deformität war, in den allerschwersten Fällen, ein Spitzerwerden des Unterkieferwinkels, der röntgenologisch gut festzustellen war. Das Röntgenbild zeigte die nach langer Ruhigstellung übliche Atrophie der Knochenstruktur.

Wilhelm (97) macht für diese Deformität mechanische und funktionelle Ursachen verantwortlich. Der Druck der Kinnplatte von unten und von vorn bewirkt eine Wachstumshemmung, die um so stärker in die Erscheinung tritt, je jünger das Individuum ist. Der Druck von vorn gegen den Mandibularbogen ist mit schuld an der Abflachung des Bogens. Die Resultante der Kräftekomponente, die am Kiefer angreifen, ergibt eine Kraft, die schräg von unten nach oben auf die Vorderseite des Unterkiefers einwirkt im Sinne einer Zurückschiebung desselben und damit im Sinne einer Verkleinerung des Kieferwinkels. Die infolge der langen Ruhigstellung eintretende Atrophie der Knochenstruktur erhöht noch die deformierende Wirkung des Druckes auf den Unterkiefer. Dieser kontinuierliche Druck bedingt auch die abnorme Stellung der oberen und unteren Frontzähne.

Die funktionellen Ursachen ergeben sich aus Störungen der Muskeltätigkeit und aus dem vom Normalen abweichenden Kauakt. Durch den Extensionsverband werden die vorderen Halsmuskeln, vor allem aber die Muskeln des Mundbogens stark angespannt. Dadurch üben sie einen ständigen Zug auf den Unterkiefer im Sinne ihrer Faserrichtung aus, also wiederum im Sinne einer Zurückschiebung des Kiefers. Der Kauakt im Kopfstützapparat weicht wesentlich von der Norm ab. Um genügend weite Mundöffnung zu erzielen, muß der Patient den Kopf möglichst stark reklinieren, soweit der Verband bzw. die Kopfstütze es zulassen. Dabei verschiebt er das Hinterhaupt nach unten und etwas nach vorne. Die obere Halswirbelsäule wird dabei ebenfalls nach vorn und gleichzeitig leicht nach oben verschoben. Der Druck vom Hinterhaupt wird vom Schläfenbein auf das Unterkiefergelenk übertragen. Der Unterkieferast folgt passiv der Druckbewegung und rückt gleichfalls nach vorne oben. Erst von dieser Stellung aus kann nunmehr die Öffnung des Mundes betätigt werden. Das ganze obere System bewegt sich dabei um eine Drehungsachse, die bedeutend höher liegt als die normale Drehungsachse. Sie bildet ungefähr den Mittelpunkt eines Kreises, mit der Hinterhauptslinie als Peripherie. Unter diesen veränderten Verhältnissen liegt das Unterkiefergelenk ebenfalls auf der Peripherie dieses Kreises, ganz

im Gegensatz zum Normalen, wo das Gelenk selbst der Drehpunkt ist. Der im Kinnteil fixierte Unterkiefer bewegt sich bei der Öffnung und Schließung um das Kinn als Hypomochlion. Seine Drehungsachse liegt also weit nach vorn gelagert. Der so veränderte Kauakt ahmt gleichsam dem Scherenmechanismus nach. Daß dabei der Druck auf den Kieferast verstärkt wird, und daß diese Druckverstärkung zum Spitzerwerden des Kieferwinkels beiträgt, ist leicht einzusehen.

Herbst (32) teilt den Fall eines jungen Mannes mit, der behauptete, seine Anomalie dadurch erworben zu haben, daß er wegen eines Ohrenleidens ein Jahr lang Bandagen um den Kopf getragen hätte. Hierdurch hätte sich neben dem Oberkiefer (dessen Verengung eventuell auf adenoiden Habitus zurückgeführt werden könnte) auch der Unterkieferzahnbogen völlig seitlich kontrahiert, was in solchem Maße wenigstens bei Mundatmern selten ist.

Narben in der Nähe des Kieferapparates geben ebenfalls zu ausgeprägten Deformierungen Veranlassung. Perthes (56) bringt aus der älteren Literatur mehrere solcher Beispiele, so den Unterkiefer einer von Tomes beobachteten zweiundzwanzigjährigen Frau, bei der eine im fünften Jahre entstandene Verbrennungsnarbe vom Unterkiefer bis zum Sternum gereicht hat. Der ganze Unterkiefer ist infolge des dauernden Zuges nach unten gebogen, vor allem das Mittelstück; die Schneidezähne stehen infolge der Biegung des Unterkiefers weit nach unten und auseinander. Ähnliche Veränderungen nach Verbrennung in der Kindheit beschrieb Hancock (25): Die Schneidezähne waren nach vorn umgelegt, der horizontale Teil des Unterkiefers nach unten gebogen. Bei einer dreiundfünfzigjährigen Frau, über die Hering (56) berichtet, und die im Alter von eineinhalb Jahren mit der linken Kopfseite an einen heißen Ofen gefallen war, hatte die Narbe eine vollständige linksseitige Gesichtsatrophie unter starker Mitbeteiligung auch des Oberkiefers hervorgerufen. Auch durch den Zug von Narbensträngen im Munde, die eine narbige Kieferklemme bedingen, ist eine Abweichung des Alveolarfortsatzes nach außen beobachtet (Heath), wie Perthes mitteilt.

Andere ähnliche Beispiele aus der Literatur bringen Kantorowicz und Korkhaus (43), und sie machen auch auf die Kompression der Oberkieferseitenteile durch die Narbenschrumpfung infolge frühzeitiger Uranoplastik aufmerksam, worüber auch Kadisch (38) sich verbreitet.

Allgemein läßt sich über die Einwirkung mechanischer Einflüsse, wozu Angewohnheiten, Berufsgewohnheiten, Selbstverstümmelungen, Tumorendruck, Bandagendruck und der Einfluß schlecht sitzender Prothesen und Füllungen gehören, mit Herbst (34) sagen: Alle diese Faktoren wirken in gewissem Sinne mechanisch auf den Kiefer ein und zwingen ihn, irgendwie dazu Stellung zu nehmen. Es gibt da nur zwei Möglichkeiten: entweder der Kiefer gibt nach, oder er wehrt sich. Das Nachgeben zeigt sich in einer passiven, der Widerstand in einer aktiven Umformung.

Die passive Umformung ist am besten bei den Angewohnheiten der Kinder zu sehen. Der Kiefer setzt dem Druck der Finger, des Lutschbeutels usw. keinen Widerstand entgegen, sondern weicht dem Drucke aus. Nach dem Druck der Blasinstrumente, der Glasmacherpfeife und ähnlicher Faktoren gibt der Kiefer mehr oder weniger nach. Ebenso weicht der gesunde Kiefer bei den Tumoren, Bandagen, schlecht sitzenden Prothesen und Füllungen aus. Die Anpassung an einen Druck liegt also vor, und die Anomalie ist die Folge.

Wird aber die Angewohnheit, überhaupt der Druck durch Muskelarbeit ausgeführt, so entstehen zwei sich diametral gegenüberstehende Möglichkeiten. Ein Muskel, der seine normale Funktion überschreitet, veranlaßt den Knochen an der Insertionsstelle zur aktiven Stellungnahme. Der Knochen opponiert, d. h. er läßt sich diese Überanstrengung nicht ohne weiteres gefallen, sondern setzt sich zur Wehr, indem er neue Knochenmasse ansetzt, wie man dies bei ankylotisch beeinflußten Unterkieferwinkeln deutlich beobachten kann. Die aktive Umformung zeigt sich an den Insertionsstellen der Muskeln in der Apposition. Herbst formuliert demnach den mechanischen Muskeldruck folgendermaßen: „Ein Muskel, der einer ungewohnten Funktion längere Zeit ausgesetzt ist, bewirkt Verstärkung der Knochenmasse an seinen Insertionsstellen und Nachgiebigkeit an denjenigen Organen, die diesem Muskeldruck ausgesetzt sind, ohne mit dem Muskel verwachsen zu sein."

D. SCHLUSS.

Wir haben im vorstehenden ausführlich dargelegt, wie die Funktionen die Gestalt des Kiefers und damit die Zahnstellung beeinflussen.

Die Nutzanwendungen für die Orthodontie ergeben sich hieraus von selbst. Es handelt sich um eine möglichste Wiederherstellung der normalen Verhältnisse durch Ausnutzung der funktionellen Kräfte, wie dies Weber (91) ausdrückt: „Funktion und Form gehören zusammen, das eine ist vom andern nicht zu trennen. Darum heißt orthodontisch arbeiten: den Aufbau eines anatomisch abwegig gebauten Systems von Grund auf ändern und einen neuen, kaufunktionell und ästhetisch einwandfreien Zustand herstellen. Auch hier wird wieder mit der Form die Funktion, mit der Funktion die Form geändert." Was Winkler (97) dahin präzisiert, daß er sagt, er fordere über die Forderung Angles nach der normalen Okklusion hinaus die normale Artikulation, die Harmonie zwischen Zahn-Kiefer-Apparat und Gelenk; beide seien eine Einheit und könnten ungestraft nicht voneinander getrennt werden.

Doch sind der zahnärztlichen Orthopädie Grenzen gesetzt, indem sie, wie Herbst (37) ausführt, beschränkt ist:

a) auf die Regulierung der Spongiosa, in welcher die Alveolen der einzelnen Zähne derart bewegt werden, daß sie an ihren normalen Platz gelangen;
b) in der Versetzung oder Verschiebung von Kieferknochen, ohne daß deren Form geändert wird;

c) in der Herstellung einer Zwangslage von Kiefern, in deren Gefolge eine Reparationsumwandlung in den Kiefernähten oder im Kiefergelenk vor sich geht.

Eine Umformung der Compacta sollte orthopädisch nicht versucht werden, da sie zum Mißerfolg führt. Wenn aber bei der Schaffung einer Zwangslage sich trotzdem die Compacta nach Monaten ein wenig umformt, so geht diese Umformung nicht durch künstliche Kräfte, sondern einzig und allein durch Naturkräfte vor sich, und besteht darin, daß die Muskeln in ihrer Funktion eine Änderung erfahren, wodurch eine Umformung in der Compacta an den Ansatzstellen der Muskeln als Folge hiervon vor sich geht, denn der Knochen ist an derjenigen Stelle am meisten verstärkt, wo der Muskelansatz ihn am meisten in Anspruch nimmt. Das Roux-sche Gesetz, wonach ein Knochen diejenige Form erhält, welche seiner Funktion am besten entspricht, hat eben nicht nur Gültigkeit für den embryonalen Knochenaufbau, sondern auch im späteren Leben, wenn größere Funktionsveränderungen die an den Knochen gestellten Anforderungen wesentlich beeinflussen."

Es gibt eben auch noch andere Wege, um eine Beeinflussung der Kieferknochen und der Zahnstellung in günstigem Sinne auszuüben, nämlich die Prophylaxe der schädlichen Einwirkungen. Diese Verhütungsmaßnahmen müssen schon im intrauterinen Leben des Kindes einsetzen: sachgemäße Ernährung der schwangeren Frau, Stillen des Säuglings an der Mutterbrust, frühzeitiger Beginn einer rationellen Zahn- und Mundpflege, Kau-* und Atemgymnastik des Kleinkindes, Erhaltung der Milchzähne und Vermeidung von Extraktionen derselben, Verhütung der Rachitis, im späteren Alter ganz besonders die Konservierung der natürlichen Zähne durch regelmäßige zahnärztliche Kontrolle des Gebißzustandes, und damit Erhaltung einer kräftigen Kautätigkeit (denn durch jede Störung im Auf- und Abbau des Gebisses wird die Kaumuskulatur funktionell behindert) — das sind die wesentlichsten Faktoren einer umfassenden Prophylaxe, welch letztere in weiterem Umfange noch eine Anzahl allgemein-hygienischer Maßnahmen (auf dem Gebiete der Ernährung, der Körperpflege usw.) in sich beziehen muß.

*

Zum Schlusse meiner Arbeit ist es mir eine angenehme Pflicht, meinem verehrten Lehrer Herrn Professor Dr. Herbst für die freundliche Überlassung des Themas und für die liebenswürdige Unterstützung bei der Arbeit meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

* Bluntschli (12) meint: Theoretisch müßte es möglich sein, daß in der Kräftigung der Kaumuskeln durch intensiveren Gebrauch während der Jugendphase oder in der isolierten Stärkung der Wirkung etwa durch Massage oder elektrische Behandlung von einzelnen derselben, eine Beeinflussung des Kieferwachstums oder eine bestimmter gerichtete Ausgestaltung desselben herbeigeführt werden könnte.« Diese Idee hat Rogers (62) in Amerika bereits in die Tat umgesetzt, indem er Kinder mit Kieferanomalien bestimmte Übungen systematisch machen läßt.

Lebenslauf.

Als Sohn des Hotelbesitzers Moritz Schmitz und seiner Ehefrau Antoinette geb. Biermann wurde ich am 25. Januar 1902 zu Rheinberg (Rhld.) geboren.

In Dorsten, Rheinberg und Moers besuchte ich das Gymnasium. Im März 1925 bestand ich in Moers die Reifeprüfung. Darauf widmete ich mich in Kiel dem zahnmedizinischen Studium. Im Sommersemester 1926 ging ich an die Universität Erlangen, und legte daselbst die zahnärztliche Vorprüfung ab.

Hierauf studierte ich in den drei klinischen Semestern in Münster, und legte dort am 22. Dezember 1929 mein zahnärztliches Staatsexamen ab.

Vom 1. Januar 1930 war ich als Assistent in Braunschweig tätig, bis ich mich im Oktober 1931 als praktischer Zahnarzt in Lintfort (Kreis Moers) niederließ.

Oskar Schmitz.